



DESARROLLO DE UN SISTEMA COMPUTACIONAL PARA EL ANÁLISIS DE  
PROCESOS EMOCIONALES A TRAVÉS DE LAS TÉCNICAS DE  
RECONOCIMIENTO FACIAL Y DE POTENCIALES RELACIONADOS A EVENTOS

YANETH MEJÍA RENDÓN

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES

FACULTAD DE INGENIERÍA

MAESTRÍA EN GESTIÓN Y DESARROLLO DE SOFTWARE

MANIZALES

2021

DESARROLLO DE UN SISTEMA COMPUTACIONAL PARA EL ANÁLISIS DE  
PROCESOS EMOCIONALES A TRAVÉS DE LAS TÉCNICAS DE  
RECONOCIMIENTO FACIAL Y DE POTENCIALES RELACIONADOS A EVENTOS.

YANETH MEJÍA RENDÓN

Proyecto de grado para optar al título de Magíster en Gestión y Desarrollo de Proyectos de  
Software

Tutor:

Magister Santiago Murillo Rendón

Ph.D. Belarmino Segura Giraldo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES

FACULTAD DE INGENIERÍA

MAESTRÍA EN GESTIÓN Y DESARROLLO DE SOFTWARE

MANIZALES

2021

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer en primer lugar a Dios, quien hizo posible el cumplimiento uno de mis anhelos más deseados.

Agradezco a mi tutor de tesis Magister Santiago Murillo Rendón por la constante ayuda que me brindo durante el proceso, quien con sus conocimientos, experiencia y motivación ha logrado en mí que pueda concluir mi estudio de investigación. A mi cotutor Ph.D Belarmino Segura Giraldo, por las valiosas contribuciones y sugerencias que realizo durante todo el proceso de investigación y por el apoyo en la adquisición de la tecnología del Emotiv en colaboración con Juan Carlos Chica Vicerrector de la Facultad de Administración de la Universidad Nacional de Manizales, haciendo posible la realización de las pruebas del presente trabajo de investigación.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que con su aporte científico y humano han colaborado a la realización del informe final, especial mención merecen los estudiantes de la Universidad Autónoma de Manizales y del Servicio Nacional de Aprendizaje, cuya colaboración ha sido importante en el desarrollo de este trabajo, Agradezco a la Universidad Autónoma de Manizales, por las enseñanzas, a la Coordinadora del departamento de Ciencias Computacionales, Beatriz Ayala Hoyos y al Dr. Mauricio Alba Coordinador de la Maestría en Gestión y Desarrollo de Procesos de Software, por el apoyo brindado durante estos años, que me ha permitido culminar mis estudios de maestría. A la Vicerrectoría de Desarrollo Humano y a la unidad de Bienestar de la Universidad Autónoma de Manizales, especialmente a los profesionales Sandra Corrales y Fernando Osorio Urrego por el apoyo brindado en la valoración de las pruebas de Kuder. Finalmente agradezco a mi familia, a mi hermano Aparicio, mi cuñada Aura Andrea, mi tía Adiela y a mis papas Martha y Francisco E., quienes sin escatimar esfuerzo alguno sacrificaron parte de su tiempo y me brindaron su invaluable apoyo y confianza durante esta etapa de mi vida y desarrollo profesional.

## RESUMEN

**Objetivo:** Establecer una metodología basada en las técnicas de reconocimiento facial y de potenciales relacionados a eventos para los procesos de orientación vocacional de universitarios.

**Metodología:** Para la realización de este trabajo se consideró la metodología de desarrollo de software Proceso Unificado Racional (RUP), la cual incluyó las fases de Inicio, Elaboración, Construcción y Transición. Estas fases contemplan los análisis de requerimientos, diseño y construcción de la herramienta para el análisis de emociones, las pruebas con estudiantes, el análisis de pruebas y la entrega final del software. El sistema de análisis de emociones se construyó a través de Reconocimiento Facial de Emociones RFE (Afectiva), evaluación de Electroencefalografía EEG (Emotiv), sistema de gestión de protocolos, aplicación en formato digital de la prueba de Kuder y evaluación automática de las respuestas brindadas por los encuestados según área de interés.

**Resultados:** Se consolidó una metodología basada en RFE y EEG para el análisis de emociones en procesos de orientación vocacional de estudiantes universitarios. Se automatizó la aplicación de la prueba de Kuder. Se realizó el desarrollo de la herramienta computacional para la presentación de protocolos, el seguimiento de emociones con RFE y EEG. Se validó la herramienta con 25 sujetos de prueba, los cuales respondieron la prueba de Kuder y fueron evaluados mediante la herramienta mientras observaban protocolos de estimulación asociados con sus áreas de interés y de no interés. Se analizaron los datos adquiridos y se encontró la efectividad de la herramienta encontrándose un porcentaje de afinidad con la prueba de orientación vocacional con un acierto cercano al 85%, especificidad del 87% y sensibilidad del 88%, resultados de valor para un ambiente de alta variabilidad.

**Conclusiones:** Fue posible consolidar una metodología basada en el análisis de RFE y EEG para complementar las pruebas de orientación vocacional. Se utilizó como medio de referencia la prueba de Kuder que permitió validar la capacidad del método a la hora de

identificar emociones al tiempo que se observan protocolos de estimulación asociados con áreas de desempeño vocacional. La metodología propuesta puede ser usada como complemento en los procesos de orientación vocacional y como una prueba rápida para encontrar afinidad entre el evaluado y las diferentes áreas de interés.

**Palabras Claves:** Orientación vocacional, Reconocimiento Facial de Emociones, Reconocimiento de Emociones mediante EEG, RUP.

## ABSTRACT

**Objective:** To establish a methodology based on facial recognition techniques and event-related potentials for the vocational orientation processes of university students.

**Methodology:** For the realization of this work, the Rational Unified Process (RUP) software development methodology was considered, which included the phases of Initiation, Elaboration, Construction and Transition. These phases contemplate the requirements analysis, design and construction of the emotion analysis tool, student testing, test analysis and final delivery of the software. The emotion analysis system was built through Facial Recognition of Emotions RFE (Afectiva), Electroencephalography EEG evaluation (Emotiv), protocol management system and automatic Kuder test evaluation.

**Results:** A methodology based on RFE and EEG was consolidated for the analysis of emotions in vocational orientation processes of university students. The application of the Kuder test was automated. A computational tool was developed for the presentation of protocols, monitoring of emotions with RFE and EEG. The tool was validated with 25 test subjects, who responded to the Kuder test and were evaluated using the tool while observing stimulation protocols associated with their areas of interest and non-interest. The acquired data were analyzed and the effectiveness of the tool was found, finding a percentage of affinity with the vocational orientation test with a hit rate close to 85%, specificity of 87% and sensitivity of 88%, results of value for an environment of high variability.**Conclusions:** It was possible to consolidate a methodology based on RFE and EEG analysis to complement vocational orientation tests. The Kuder test was used as a reference medium, which allowed validating the ability of the method to identify emotions while observing stimulation protocols associated with areas of vocational performance. The proposed methodology can be used as a complement in vocational orientation processes and as a quick test to find affinity between the evaluated and the different areas of interest.

**Keywords:** Vocational orientation, Facial Emotion Recognition, Emotion Recognition by EEG, RUP.

## ABREVIATURAS

UAM	-----	Universidad Autónoma de Manizales
UA	-----	Unidades de Acción
RFE	-----	Reconocimiento Facial de emociones
FACS	-----	Sistema de codificación de acción facial
EMFACS	-----	Sistema de Codificación de la Acción Facial para detectar las emociones
PRE	-----	Potenciales Relacionados con Eventos
LPP	-----	Potencial Positivo Tardío
NPT	-----	Negativo Posterior Temprana
ATF	-----	Análisis de Tiempo-Frecuencia
ECOC	-----	Código de salida con corrección de errores
EEG	-----	Electrocardiograma
EMG	-----	Electromiograma
CSEP	-----	Algoritmo de ponderación
ASM	-----	Modelo de forma activa
EOG	-----	Electrooculograma
EC	-----	Computación Evolutiva
API	-----	Interfaces de Programas de Aplicaciones
PE	-----	Potenciales Evocados
PEV	-----	Potenciales Evocados Visuales
VER	-----	Respuesta evocada visual
JAFFE	-----	Base de datos de expresión facial femenina japonesa
SVM	-----	Maquinas de Soporte de Vectores
SMO	-----	Optimización mínima secuencial
HOG	-----	Histograma de gradientes orientados
PCA	-----	Análisis de componentes principales
LDA	-----	Análisis discriminante lineal
LFW	-----	Caras etiquetadas en la naturaleza

LR ----- Regresión logística  
 ELM -----Modelo de elaboración de probabilidad  
 RBF -----Función de base radial  
 GLCM -----Matriz de coocurrencias de nivel gris  
 LDP -----Probabilidad de diferencia local  
 EDGE -----Detección de bordes  
 ICA -----Análisis de componentes independientes  
 CT -----Tomografía computarizada  
 LEE -----Camino más corto en un laberinto  
 BN -----Red Bayesiana  
 ORL -----Base de datos de caras  
 MLP -----Perceptrón multicapa  
 SVC -----Maquina de vectores de soporte  
 LBP -----Patrones binarios locales  
 GDA -----Análisis de datos geométricos  
 MB -----Binario monogénico  
 LGBP -----Patrones binarios locales de Gabor  
 LLE -----Incrustadores localmente lineales  
 RUP -----Proceso unificado racional  
 ROC -----Característica operativa del receptor  
 PSD -----Densidad espectral de potencia  
 BoW -----Bolsa de palabras  
 SPADIES ----- Sistema para la Prevención de la Deserción de la  
 Educación Superior  
 IPP-R -----Intereses y Preferencias Profesionales-Revisado  
 FCBF -----Filtrado rápido basado en correlación  
 LPQ ----- Cuantización de la fase local

## CONTENIDO

1	PRESENTACIÓN.....	16
2	ANTECEDENTES.....	18
2.1	INFORMÁTICA AFECTIVA .....	18
2.2	ANÁLISIS UNIMODAL PARA EL RECONOCIMIENTO DE EMOCIONES .....	19
2.3	ANÁLISIS MULTIMODAL PARA EL RECONOCIMIENTO DE EMOCIONES .....	27
2.4	ANÁLISIS MULTIMODAL PARA EL RECONOCIMIENTO DE EMOCIONES FUSIONANDO LAS MODALIDADES DE IMAGEN Y VIDEO MEDIANTE PRE Y RFE .....	30
2.5	API'S DE ANÁLISIS MULTIMODAL DE EMOCIONES.....	37
3	ÁREA PROBLEMÁTICA Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN .....	41
4	JUSTIFICACIÓN.....	44
5	REFERENTE TEÓRICO.....	45
6	OBJETIVOS.....	64
6.1	OBJETIVO GENERAL .....	64
6.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	64
7	METODOLOGÍA .....	65
8	RESULTADOS.....	73
9	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	140
10	CONCLUSIONES .....	143
11	TABAJO FUTURO Y RECOMENDACIONES .....	145
12	REFERENCIAS .....	147
13	ANEXOS.....	156

## LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1. Técnica y porcentaje de precisión obtenido en el RFE.....</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 2. Clasificación de latencia, tipo respuesta y valencia dependiendo del componente.Fuente: (J.M. Luck, 2014) (J.-M Hopf, 2002) (BrunoRossion, 2014). ....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 3. Comparativa de funcionamiento entre 17 APIS de Análisis Multimodal de Emociones.....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 4. Comparativa electroencefalogramas inalámbricos para la investigación.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 5. Desertores por cohorte estudiantes nivel de formación Universitario de la UAM. 1998 – 2016. (Spadies, 2019). ....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 6. Estado del arte de bases de datos de Macro expresiones Faciales .....</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 7. Estado del arte de bases de datos de Micro expresiones Faciales .....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 8. Características del EEG Emotiv EPOC+ desde Emotiv PRO-SOFTWARE. ....</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 9. Bases de datos empleadas para el reconocimiento multimodal de emociones y de sentimientos .....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 10. Plan de trabajo fase de elaboración metodología RUP .....</i>	<i>66</i>
<i>Tabla 11. Requerimientos funcionales del sistema .....</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 12. Tabla de Clasificación de las Actividades Ocupacionales .....</i>	<i>100</i>
<i>Tabla 13. Resultado Test de Kuder hombres. Evaluación sistema automático y evaluación por parte de un experto. ....</i>	<i>106</i>
<i>Tabla 14. Puntos de referencia facial. ....</i>	<i>109</i>
<i>Tabla 15. Métricas de emoción, valencia, compromiso y promedio.....</i>	<i>110</i>
<i>Tabla 16. Promedios de emociones por cada protocolo aplicado a los participantes de la prueba.....</i>	<i>112</i>
<i>Tabla 17 Clasificación bandas de frecuencias del Emotiv.....</i>	<i>116</i>

<i>Tabla 18. Promedio estados emocionales Emotiv.....</i>	<i>120</i>
<i>Tabla 19. Correlación entre valencia y compromiso de Emotiv y Afectiva, en relación a las áreas de interés de los estudiantes según test de Kuder.....</i>	<i>128</i>
<i>Tabla 20. Clasificación por género de las áreas de interés.....</i>	<i>132</i>
<i>Tabla 21. Estudiantes clasificados por áreas de interés.....</i>	<i>133</i>
<i>Tabla 22. Relación entre Afectiva, Emotiv en relación con las áreas de interés alto en la prueba de Kuder.....</i>	<i>134</i>
<i>Tabla 23. Relación entre Afectiva, Emotiv en relación con las áreas de interés bajo en la prueba de Kuder.....</i>	<i>135</i>
<i>Tabla 24. Acierto Emotiv y Afectiva en relación con la identificación de áreas de interés de Kuder.....</i>	<i>135</i>
<i>Tabla 25. Tabla de contingencia Emotiv vs Kuder.....</i>	<i>135</i>
<i>Tabla 26. Tabla de contingencia Afectiva vs Kuder.....</i>	<i>137</i>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Expresiones de emociones básicas faciales (Afectiva, 2018).....	20
Figura 2. Cantidad de publicaciones de reconocimiento de emociones en expresiones faciales.....	22
Figura 3. El cerebro humano considera la información multisensorial para la toma de decisiones. ....	28
Figura 4. Cantidad de publicaciones de reconocimiento multimodal de emociones.....	29
Figura 5. Cantidad de publicaciones de reconocimiento de emociones basado en PRE.....	31
Figura 6. Resumen esquemático que muestra la latencia, la polaridad y la amplitud del componente N170 de los PREs en respuesta a caras y otros estímulos visuales no faciales. ....	33
Figura 7. Componente N170 a respuestas basadas en el conocimiento perceptivo. (Rossion, 2014).....	34
Figura 8. Referente teórico .....	45
Figura 9. Plano de valencia-excitación.....	47
Figura 10. Modelo dimensional de emociones.....	48
Figura 11. Sistemas de distribución de los electrodos del EEG sobre la superficie en la cabeza .....	53
Figura 12. Relación entre las funciones cerebrales y la serie de electrodos estandarizados del EEG del IFCN. ....	55
Figura 13. EEG Emotiv EPOC+ basado en el sistema 10-20.....	55
Figura 14. Fusión híbrida para el análisis de sentimientos multimodales en videos de YouTube según lo propuesto por (Eyben et al., 2010) (Eyben et al., 2009) .....	60
Figura 15. Matriculados en la UAM por categoría.....	62

Figura 16. Cantidad de estudiantes matriculados primer semestre año 2019 en la UAM....	63
Figura 17. Diagrama de casos de uso .....	75
Figura 18. Interfaz registro de estudiante .....	77
Figura 19. Diagrama de clases del sistema.....	81
Figura 20. Modelo de base de datos .....	82
Figura 21. Módulo de gestión del estudiante.....	84
Figura 22. Construcción protocolo por área de interés.....	85
Figura 23. Registro del protocolo en el sistema de análisis de emociones.....	85
Figura 24. Historial de protocolos registrados en el sistema. ....	86
Figura 25. Cuestionario Test de Kuder.....	86
Figura 26. Plantilla área de interés 0 y 1 .....	88
Figura 27. Plantilla área de interés 2 y 3 .....	89
Figura 28. Plantilla área de interés 4 y 5 .....	89
Figura 29. Plantilla área de interés 5,6 y 7 .....	90
Figura 30. Plantilla área de interés 8. ....	90
Figura 31. Plantilla área de interés 9 .....	91
Figura 32. Plantilla validez aplicación Prueba de Kuder.....	92
Figura 33. Evaluación por área de interés prueba de Kuder.....	93
Figura 34. Tabla de percentiles para posiciones puntaje por área de interés de la prueba de Kuder .....	95
Figura 35. Fichas de evaluación de áreas de interés según test de Kuder. ....	96

Figura 36. Participantes análisis multimodal de emociones.....	99
Figura 37. Promedio emociones básicas Afectiva. ....	111
Figura 38. Colocación casco electroencefalografía.....	115
Figura 39. Marcación de evento Emotiv, cambio de profesión.....	117
Figura 40. Aplicación del protocolo por área de interés.....	123
Figura 41. Adaptación modelo circunflejo de Russell .....	125
Figura 42. Tomado de (García, 2015) Actividad cerebral por tipo de onda después de que los individuos son sometidos a estímulos distinguibles como Miedo y Neutral.....	126
Figura 43. Tomado de (García, 2015) Actividad cerebral cerebral por tipo de onda después de que los individuos son sometidos a estímulos distinguibles como miedo y alegría.....	127

## LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1. Sensibilidad Emotiv vs Kuder .....	136
Ecuación 2. Especificidad Emotiv vs Kuder. ....	136
Ecuación 3. Sensibilidad Afectiva vs Kuder .....	137
Ecuación 4. Especificidad Afectiva vs Kuder .....	137

## 1 PRESENTACIÓN

El proyecto que se presenta a continuación parte de la necesidad de reconocer objetivamente el impacto emocional de los estudiantes de programas de pregrado de la Universidad Autónoma de Manizales (UAM) cuando son expuestos a protocolos de estimulación emocional, mediante el análisis de expresiones faciales espontáneas, en el cual se identifican seis emociones primarias (felicidad, tristeza, desprecio, sorpresa, enojo y miedo) y un estado neutral.

El objetivo de la investigación es obtener el reconocimiento multimodal de emociones inducido por la presentación de diferentes protocolos de estimulación visual previamente definidos, aplicados en una muestra poblacional tomada de estudiantes de los diferentes programas de pregrado ofertados en la UAM y programas titulados ofertados en el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA – Regional Caldas. Centro de Procesos Industriales y Construcción); obteniendo unos indicadores porcentuales de intensidad emocional a partir de las expresiones faciales, con su respectivo análisis gesto-emoción, correlacionado con la respuesta a potenciales evocados visuales.

El sistema contará con un módulo encargado de realizar la evaluación del perfil de preferencias vocacionales de la población objetivo, mediante la prueba de Kuder, la cual se digitalizará y evaluará de forma automática por el sistema. La prueba en mención normalmente se lleva a cabo en plantillas en físico, razón por la cual facilitará y agilizará el proceso de verificación de validez de la prueba y de los resultados obtenidos. En caso tal, de que la prueba sea aprobada como válida por el sistema, en Excel se analizará el nivel de afinidad del estudiante con las áreas de 10 áreas de interés. Dicho análisis utiliza funciones estadísticas, de acuerdo con la información que suministran las plantillas de evaluación por área de interés que emplean los profesionales cuando aplican este tipo de prueba de afinidad.

En una primera fase del desarrollo se utilizarán algoritmos clasificadores gesto-emoción y técnicas de visión por computadora como canal externo del análisis multimodal, encargados del seguimiento e identificación de rostros en imágenes analizadas en tiempo real. Una vez

se tiene identificado el rostro, se procede a ubicar 33 puntos clave distribuidos entre las cejas, los ojos, los labios y la nariz. Para realizar la discriminación entre expresiones espontáneas y posadas, se utiliza el sistema de expresión facial para cartografía emocional conocido como EMFACS, desarrollado por Friesen y Ekman desde la década de los 80, el cual analiza las seis emociones básicas y un estado neutral, con su respectivo nivel de valencia (Ekman, 1992, 2004).

La segunda fase del desarrollo incorpora el análisis de potenciales relacionados a eventos, como canal interno del análisis multimodal, con la intención de encontrar características de respuesta a potenciales visuales evocados por parte de los estudiantes, permitiendo identificar que tan agradable o desagradable son las imágenes para los individuos.

De esta investigación se espera evidenciar que hay coherencia entre el Reconocimiento Facial de emociones (RFE) y los cambios de amplitud de las ondas emitidas por el análisis de potenciales relacionados a eventos en momentos específicos durante la presentación del protocolo de estimulación emocional. Lo anterior, permitiendo un reconocimiento de emociones multimodal complementando ambas tecnologías, por medio de la fusión de señales individuales.

Una vez se identifican las emociones por ambos canales de análisis, se espera caracterizar poblacionalmente a los estudiantes, midiendo el grado de compromiso y valencia, que generan los protocolos al mostrar contenido referente a los programas de pregrado que oferta la universidad. Ambos indicadores serán referente guía para determinar el grado de afinidad del estudiante con la selección del programa de formación, aplicando dicha intervención en una fase temprana de la etapa formativa, se busca mejorar las estadísticas de permanencia y graduación de la UAM. Los resultados se contrastarán con la prueba de aptitud vocacional que aplican tradicionalmente en el área de desarrollo humano.

## 2 ANTECEDENTES

En el presente referente teórico se busca revisar los fundamentos epistemológicos de Análisis Multimodal de Emociones como ciencia que da cabida a la presente propuesta de investigación al interior de la maestría en Gestión y desarrollo de Proyectos de Software. En efecto, se presentan los temas de la siguiente forma: Primero se muestran los hallazgos de textos científicos en los que se presenta explícitamente el término Informática Afectiva y de RFE; Segundo se analizan varias definiciones de que es un Sistema de Análisis Multimodal; Tercero se presentan algunas metodologías y algoritmos de clasificación implementados en varios trabajos del área; Cuarto se proporciona una lista de APIS disponibles para el Análisis Multimodal de Emociones.

### 2.1 INFORMÁTICA AFECTIVA

Picard et al. (2001) en su libro de Computación Afectiva (*Affective Computing*) describe áreas donde es posible aplicar y abordar proyectos de la informática afectiva tales como el aprendizaje asistido, la neurociencia, la psicología, la ingeniería, la salud médica y la interacción de personas autistas con un computador.

Cada área implementa modelos propuestos para la identificación de emociones, partiendo de la hipótesis de que el reconocimiento de emociones es un problema dinámico el cual depende de un previo reconocimiento de patrones. Es por esto que recomienda el trabajo con técnicas de aprendizaje automático procesadas por diferentes tecnologías, en este caso el reconocimiento de voz y la codificación facial, requiriendo de la extracción de muestras significativas a partir de los datos recopilados para realizar una clasificación más asertiva.

Los resultados del trabajo corroboran lo que indica la evidencia neurológica sobre el alto impacto que tienen las emociones en los procesos cognitivos esenciales de todo humano, complementando con que el afecto es un patrón clave en actividades como prestar atención, memorizar y sentir afinidad con algo o alguien. Picard et al. (2001) destaca varios resultados de la literatura neurológica en los cuales las emociones desempeñan un papel necesario en la creatividad, la inteligencia, el pensamiento racional y la toma de decisiones. A partir de esto propone que las computadoras que interactúan de forma natural e

inteligente con los seres humanos deberían tener la capacidad de reconocer y expresar afecto (Picard et al., 2001).

El reconocimiento, la identificación, y la clasificación emocional, es un factor clave para el avance de la inteligencia artificial y de la comunidad científica que se enfoca en el estudio del comportamiento de las personas en diferentes escenarios de la vida cotidiana, ejemplos de ellos son los eventos sociales, las campañas de mercadotecnia, los movimientos políticos, las preferencias de productos, el comportamiento de los estudiantes en ambientes de aprendizaje virtual, entre otros. Lo anterior conlleva a la investigación de campos emergentes de la computación afectiva, la cual incluye la codificación facial y el uso de tecnologías para el procesamiento de señales fisiológicas, con el fin de lograr mayor precisión en la clasificación emocional.

## **2.2 ANÁLISIS UNIMODAL PARA EL RECONOCIMIENTO DE EMOCIONES**

En esta sección, se mencionan investigaciones de análisis unimodal de emociones empleando la modalidad visual.

**Modalidad visual:** Las expresiones faciales son claves principales para comprender las emociones y los sentimientos. A través de las edades de las personas involucradas, y la naturaleza de las conversaciones, las expresiones faciales son el canal principal para formar una impresión del estado mental actual del sujeto (Ekman, 2004).

**Reconocimiento facial de emociones:** El RFE basado en software utiliza algoritmos que aplican un conjunto de reglas fundamentadas en teorías psicológicas y procedimientos estadísticos. En general, estos algoritmos funcionan en tres pasos: (1) detección de rostros, (2) detección de hitos faciales y (3) clasificación de emociones (Stöckli et al., 2018).

Los trabajos de investigación que se mencionan en esta sesión hacen referencia a estudios sobre el uso de las características visuales para el análisis de afecto unimodal, donde inicialmente algoritmos clasificadores detectan un rostro en un cuadro de video y descartan la región del fondo (Barroso, 2014). Luego, la detección de hitos faciales (esquinas de los ojos, centros oculares, punta de la nariz, esquina y centro de la boca) representa una versión

simplificada de la cara real, para que finalmente un algoritmo traduzca las estimaciones de Unidades de Acción (UA) Facial en valores de probabilidad de emoción, entre 6 y 34 puntos de referencia faciales, dependiendo del algoritmo.

Figura 1. Expresiones de emociones básicas faciales (Affectiva, 2018).



Cohn et al. (2004) afirman que el RFE se ha desarrollado pasando del estudio de las expresiones posadas a las espontáneas, en su trabajo proponen un sistema que discrimina entre las acciones posadas y las espontáneas, mediante la detección automática de UA y segmentos temporales generados por el movimiento, tales como: inicio, vértice y desplazamiento.

La metodología implementada en dicho trabajo utiliza una función probabilística que determina la clase de acción (espontánea o posada) de las cejas y de la frente, conocida como *Gentle Boost* (Brownlee, 2016), la cual identifica patrones de comportamiento clasificando características por cada segmento temporal de una UA activa, teniendo como parámetros de entrada la intensidad máxima, la duración y el orden de aparición del movimiento. El sistema se validó contra 189 gestos espontáneos y posados, obteniendo una tasa de precisión del 90.7%.

La investigación concluye que la velocidad, la duración y el orden de aparición de las acciones faciales son parámetros esenciales para diferenciar entre acciones faciales posadas y espontáneas. Hasta el año 2006 ya se habían propuesto varios prototipos que reconocían de 15 a 27 UA diferentes (de un total de 44) en imágenes de vista frontal y de perfil. La mayoría de estos trabajos hacen énfasis en el aprendizaje estadístico, basado en características geométricas (puntos o formas faciales) o basados en la apariencia (textura de la piel). Wang y Zheng (2016) sugieren en su trabajo de investigación que los métodos basados en la apariencia superan en precisión a los basados en características geométricas.

Petridis, Gunes, Kaltwang, y Pantic (citados en Liao et al., 2017; Wang et al., 2019) en su trabajo de investigación, se dedicaron a estudiar interfaces con la capacidad de percibir las emociones a partir de señales sociales y afectivas, implementando un análisis automatizado del comportamiento no verbal, implementando algoritmos de visión por computadora enfocando los trabajos de investigación en las expresiones faciales espontáneas, sustentando que tienen una relación más directa con la verdadera emoción a comparación de las expresiones faciales posadas.

Técnicamente, las características basadas en la geometría y la apariencia son dos formas comunes de analizar expresiones faciales espontáneas (Valstar et al., 2012). La primera forma representa la geometría de la cara, las formas y las localizaciones de los puntos de referencia faciales. Mientras que el método basado en la apariencia describe la textura de la piel y las líneas más marcadas del rostro incluyendo arrugas, bultos y surcos (Yin et al., 2017).

En ocasiones, las expresiones faciales no proporcionan la información suficiente acerca del estado emocional de las personas, dejando de ser un indicador útil para determinar el tipo de emoción (Li et al., 2016; Yang et al., 2019). Son muchas las razones por las cuales las expresiones más naturales que son las espontáneas se ven afectadas por las posadas, las razones más influyentes tienen que ver con el contexto social y temas culturales (Alshamsi, y otros, 2016; 2017).

Los estudios anteriormente mencionados convergen en la necesidad de emplear información proveniente de diferentes modalidades, combinando tecnologías que complementen el RFE, con el objetivo de aumentar la precisión del análisis.

Figura 2. Cantidad de publicaciones de reconocimiento de emociones en expresiones faciales.



En el año 2016 se da a conocer Little Dragon, una empresa emergente que desarrolla software educativo inteligente diseñado para identificar la respuesta emocional de los usuarios y reflejarla a través de las opciones de interfaz de usuario. El proyecto surgió por una de las problemáticas más comunes entre las entidades educativas que tiene que ver con los ritmos y estilos de aprendizaje, por tal razón adoptan la individualidad de aprendizaje de cada persona que utiliza Little Dragon para maximizar la experiencia de usuario de los estudiantes (Ltd., 2016) se basa en las herramientas de RFE desarrolladas por Afectiva uno de los principales startups de Análisis Multimodal de Emociones (Afectiva, 2021).

En el año 2017 se investigó la comprensión de los estudiantes durante el proceso de aprendizaje a distancia (Yang et al., 2018) propuso aprender el modelo de reconocimiento de emociones, el cual consta de tres etapas: Primero, la extracción de características a través del método *Haarcascades* para la detección de rostros en imágenes (Team, 2021). Segundo la función de subconjuntos y finalmente la clasificación de emociones a través del

entrenamiento de redes neuronales, identificando las seis emociones primarias exceptuando el estado neutral.

Los resultados de dicha investigación evidenciaron que el modelo propuesto era consistente con la situación real de los estudiantes en su proceso de aprendizaje. Para validar los resultados se empleó la base de datos de expresión facial femenina japonesa (JAFFE), concluyendo que el método propuesto tiene un alto rendimiento de clasificación.

**Tabla 1. Técnica y porcentaje de precisión obtenido en el RFE**

Técnica Empleada	Trabajo	Resultado		
<b>RESULTADOS CON MÁQUINA DE SOPORTE VECTORIAL (SVM) Y RED BAYESIANA (BN)</b>				
	(Y. Li et al., 2015; Tai et al., 2021)	<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>SVM</b>	<b>BN</b>
		HOG (Histograma de gradientes orientados)	66.64	68.95
		Gabor	76.57	77.71
<b>RESULTADOS EN LA BASE DE DATOS DE CARAS (ORL sigla en inglés)</b>				
<b>ESTIMACIÓN DEL FLUJO ÓPTICO</b>	(R. & P.V.S.S.R., 2016)	<b>Método</b>	<b>% Reconocimiento</b>	
		PCA (análisis de componentes principales)	82.26	
		LDA (análisis discriminante lineal)	86.67	
		GLCM (Matriz de coocurrencias de nivel gris)	80.50	
		Gabor Wavelets	87.56	
		LBP (Patrones binarios locales)	87.80	
		LDP (Probabilidad de diferencia local)	88.50	
		GLCM+LDP	92.70	
LDP+EDGE (detección de bordes)	96.60			

**RESULTADOS ANÁLISIS DE COMPONENTES INDEPENDIENTES (ICA) Y ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (PCA)**

	<b>ICA I</b>	<b>ICA II</b>	<b>PCA(L1)</b>	<b>PCA(L2)</b>
(Gwinn et al., 2018)	94.73%	86.84%	84.21%	84.21%
	100.0%	94.74%	84.21%	94.74%
	85.00%	70.00%	85.00%	85.00%
	86.36%	75.00%	72.73%	81.82%

**RESULTADOS CON VALIDACIÓN CRUZADA**

	<b>Emoción</b>	<b>Con validación cruzada</b>	<b>Sin validación cruzada</b>
	Alegría	97.73	100.00
	Sorpresa	78.79	100.00
(Fan et al., 2018)	Tristeza	95.45	100.00
	Rabia	70.46	100.00
	Disgusto	91.67	90.91
	Miedo	62.12	81.82
	Compromiso	82.70	95.45

**RESULTADOS MLP, SVC y Adaboost**

<b>ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES</b>	(Smith & Windeatt, 2015)	<b>Clasificador</b>	<b>OVA</b> (codificación de uno contra) todos + <b>FCBF</b> (filtrado rápido basado en correlación)	<b>ECOC</b> (código de salida con corrección de errores) + <b>FCBF</b>	<b>ECOC (CSEP</b> (algoritmo de ponderación)) + <b>FCBF</b>
		MLP (redes neuronales)	0.95	0.91	0.95

	de perceptrón multicapa			
	SVC (Máquina de vectores de soporte)	0.95	0.90	0.94
	Adaboost	0.92	0.89	0.92

**RESULTADO LBP Y ASM**

	Característica	Dimensionalidad	Clasificador	% Reconocimiento
(K. Zhang et al., 2016)	LBP	PCA	SVM	53.8
	LBP	GDA	SVM	65.7
		Adaboost	SVM	65.71
	ASM (modelo de forma activa)	N/A	SVM	68.5

**TASA DE RECONOCIMIENTO**

**ANÁLISIS DE CARACTERÍSTICAS LOCALES**

(Derkach & Sukno, 2018; Romero et al., 2017)

Características Seleccionadas	3 escalas/8 Orientaciones	5 escalas/8 Orientaciones
5	93.81	90.95
10	96.67	92.38
20	94.76	93.81
30	93.81	94.76
40	92.86	93.81
50	94.29	92.86
20	94.76	93.81
30	93.81	94.76

	40	92.86	93.81
	50	94.29	92.86
	60	94.76	92.38
	70	94.29	92.38
	80	95.24	92.38
	90	95.71	92.38
	100	94.29	92.38

**RESULTADOS CON FILTROS DE GABOR**

	Característica	Dimensionalidad	Clasificador	% Reconocimiento
<b>ANÁLISIS DISCRIMINANTE LINEAL</b> (Kumar et al., 2018)	LBP + Gabor	N/A	Ensemble SVMs	70.0
	Gabor filter	N/A	Fusión SVM	72.0
	MB (binario monogénico)			
	-	N/A	Two level SVM	74.18
	LGBP (patrones binarios locales de Gabor)			
	LPQ (cuantización de la fase local)			
	-	cr-LPP	SVM	76.67
LBP (patrones binarios locales)				

Como se observa en la *Tabla 1*. Los mejores rendimientos se obtuvieron utilizando algoritmos de clasificación de Análisis Características Locales y de Análisis de Componentes Principales; ambas técnicas obtuvieron un 96% de precisión al momento de clasificar 12 expresiones faciales.

## **2.3 ANÁLISIS MULTIMODAL PARA EL RECONOCIMIENTO DE EMOCIONES**

“El Análisis Multimodal de Emociones tiene innumerables aplicaciones, que incluyen: análisis de sentimiento, reconocimiento de emociones, detección de concepto semántico, detección de eventos, seguimiento humano, segmentación de imágenes, clasificación de videos, etc.” (Poria et al., 2017).

### **Trabajos de Análisis Multimodal de Emociones Fusionando Modalidades: visual, textual, gestual y métrica ocular.**

Las metodologías más usadas y las tendencias en el área se enfocan en el estudio y validación de métodos que utilizan cualquiera de las modalidades visual, auditiva, textual, gestual y métrica ocular, implementando técnicas estadísticas de precisión tanto unimodal como multimodal.

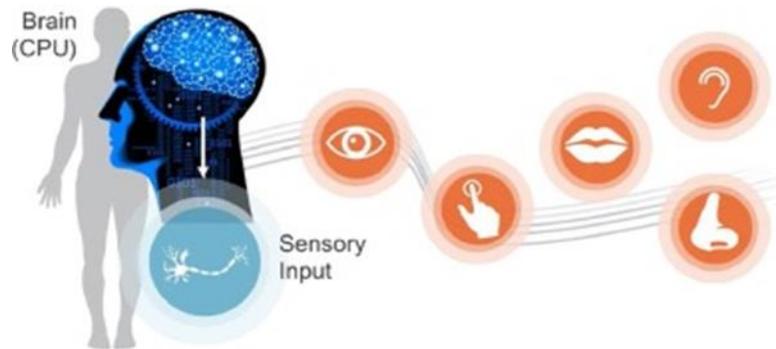
Así mismo, los datos recopilados de las modalidades se presentan en diversas formas, haciendo necesario considerar el período de fusión multimodal en diferentes niveles. Hasta la fecha, existen principalmente dos tipos de fusión estudiados por los investigadores: fusión a nivel de elemento o fusión temprana, y fusión a nivel de decisión o fusión tardía. Además, existe una "fusión a nivel de modelo", un tipo de fusión multimodal dependiente de los requisitos de la aplicación.

En el trabajo de investigación (S.K. & J, 2015) se muestra el estado del arte a través de encuestas donde analizan y comparan la precisión unimodal y la multimodal, empleando medidas estadísticas y proponiendo métodos de diferentes algoritmos aplicados en 90 sistemas de medición multimodal (MM). En este estudio, se concluye que los sistemas multimodales fueron consistentes (85% de los sistemas) y más precisos que los unimodales, con una mejora promedio de 9.83%.

Entre las modalidades visual, textual y gestual, investigaciones demuestran que una ventaja de analizar emociones en videos sobre el análisis textual es el exceso de señales de comportamiento. Mientras que el análisis textual solo hace uso de palabras y frases, siendo

insuficientes para extraer contenido afectivo asociado de opiniones textuales. Las expresiones faciales en los datos visuales, junto con los datos textuales, pueden proporcionar claves importantes para identificar los verdaderos estados afectivos de la persona. Por lo tanto, una combinación de texto y datos de video puede ayudar a crear un mejor modelo de emoción y análisis de sentimientos.

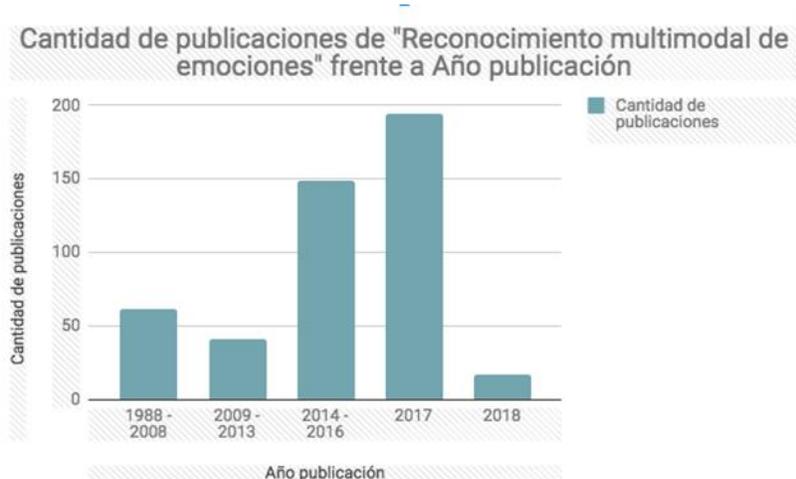
**Figura 3. El cerebro humano considera la información multisensorial para la toma de decisiones.**



Fuente: (Poria et al., 2017)

En el estudio Huang et al. (2016) obtuvieron una tasa de reconocimiento del 90% y 88.33% para la expresión facial y las señales fisiológicas (incluyendo la conductividad de la piel, la temperatura del dedo y la frecuencia cardíaca), respectivamente, mientras que la combinación de las modalidades dio como resultado una tasa de precisión del 95%. Estos resultados indican que las señales fisiológicas pueden contribuir sustancialmente al reconocimiento de emociones multimodales.

Figura 4. Cantidad de publicaciones de reconocimiento multimodal de emociones.



Como se observa en la Figura 4 desde el año 2014 hasta febrero de 2018, han aumentado notoriamente el número de investigaciones que fusionan la expresión facial con diferentes tecnologías que permiten captar señales fisiológicas, evidenciando una mejora en la identificación de emociones de alegría y la tristeza, manejando un rango de precisión entre el 94% y 98% respectivamente (Edla et al., 2018).

En el año 2015 se da a conocer un sistema unificado para la verificación facial, el reconocimiento y la agrupación al encontrar personas comunes entre las caras identificadas. Cuyo método se basa en aprender una incrustación euclidiana por imagen utilizando una red entrenada, donde las distancias al cuadrado en el espacio de características corresponden directamente a la similitud de la cara: las caras de la misma persona tienen distancias pequeñas y las caras de personas distintas tienen grandes distancias. El beneficio de implementar esta metodología es obtener mayor eficiencia y un rendimiento de RFE moderno usando solo 128 bytes por rostro (Jiang et al., 2019).

A finales del mismo año se hizo público el algoritmo de detección de rostros Viola-Jones, el cual detecta múltiples rostros en una imagen, y reduce la redundancia de los resultados en tiempo real (Algorithmia, 2017). Los conjuntos de datos con los que entrenan son menores a comparación de los conjuntos de datos de la industria privada (Afectiva, 2021; Azure, n.d.; IMotions, n.d.), aun así, la precisión en los resultados es alta y supera métodos de RFE que utilizan la base de datos de caras etiquetadas en la naturaleza (LFW nombre de

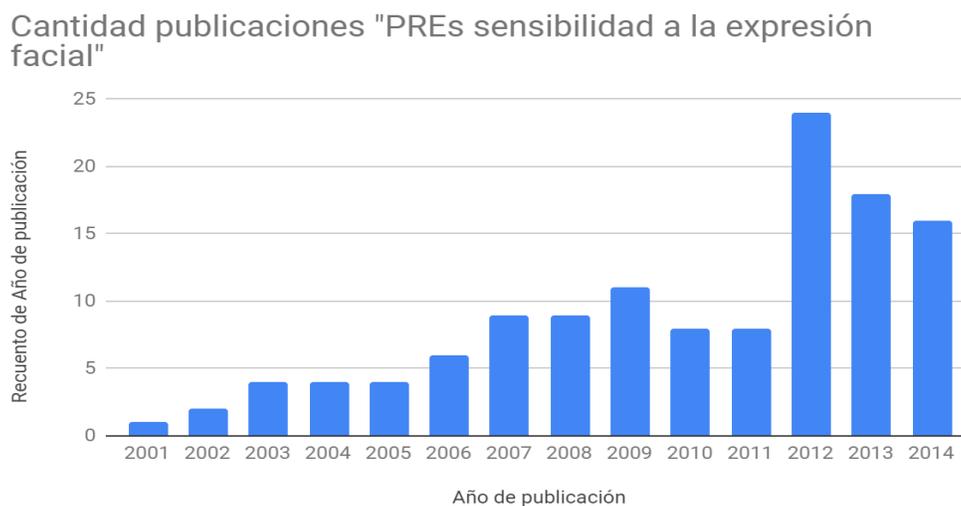
la base de datos) de fotografías faciales diseñada sin restricciones, con más de 13.000 imágenes de rostros del internet (Zhang et al., 2017).

En septiembre de 2017 la empresa LCA Group desarrolló el Software Learning Néstor, con la intención de medir la concentración de los estudiantes en clases virtuales. Es un proyecto novedoso debido a que usa los datos de compromiso y atención como monitorización constante buscando mejorar el rendimiento por parte de los estudiantes y los docentes. Funciona mediante el análisis del movimiento ocular y las expresiones faciales de los estudiantes, los algoritmos determinan qué estudiantes prestan atención a la clase y quienes están distraídos, mediante la cámara web de sus computadores. De momento el software solo se implementará en formación virtual, a futuro esperan implementarlo en clases presenciales, convirtiéndolo en un ayudante virtual del profesor (Li et al., 2016).

#### **2.4 ANÁLISIS MULTIMODAL PARA EL RECONOCIMIENTO DE EMOCIONES FUSIONANDO LAS MODALIDADES DE IMAGEN Y VIDEO MEDIANTE PRE Y RFE**

De acuerdo con algunos trabajos (Campagnoli et al., 2018; Edla et al., 2018; Huang et al., 2016), entre las modalidades que trabajan la investigación del análisis de afecto a partir de señales fisiológicas, los PREs arrojan información relevante para la detección de emociones, lo que sugiere que es un complemento adecuado de la modalidad gestual. Como se puede observar en la Figura 5, actualmente se encuentran pocos trabajos que involucran la expresión facial con PREs para el reconocimiento de emociones.

**Figura 5. Cantidad de publicaciones de reconocimiento de emociones basado en PRE.**



Estudios previos como los que se mencionan a continuación, identificaron una serie de componentes de PREs durante el procesamiento de las emociones faciales y los separaron en las etapas temprana, media y tardía.

En la **etapa inicial**, Batty y Taylor (2003), afirman que, al reconocimiento facial de siete emociones básicas (alegría, temor, disgusto, tristeza, enojo, sorpresa y desprecio), se asocian componentes que incluyen el potencial electrofisiológico positivo P1 y el potencial electrofisiológico negativo N1. Años después, Batty y Taylor (2006), estudiaron el procesamiento emocional de rostros durante la infancia en el cual demuestran que el componente P1 alcanza un máximo de 100 ms. después del inicio de un estímulo visual en los sitios occipito temporales. Los componentes P1 y N1 están asociados con el procesamiento visuoespacial y también pueden indicar una etapa temprana del procesamiento del rostro, lo cual se ha podido evidenciar en algunos trabajos (Zhang et al., 2018).

En la **etapa media**, el componente N170 es el índice electrofisiológico más importante del procesamiento facial es un potencial negativo en los sitios occipito temporales y alcanza un máximo alrededor de 170 milisegundos después del inicio del estímulo. Olivares et al. (n.d) indicaron en su trabajo, que N170 está más claramente asociado con la detección de caras,

lo que refleja la codificación estructural de las caras y una etapa de pericia visual en el procesamiento de la información.

Kujawa et al. (2019) aseguran que, en la **etapa tardía**, el potencial positivo tardío (LPP) es un componente de PREs observado en el procesamiento de la emoción facial. Gu, Chen, Xing, Zhao y Li (citados por Jiang et al., 2019) aseguran que el LPP está mejorado para la valencia negativa y positiva en comparación con los estímulos neutros y parece reflejar una atención selectiva y sostenida hacia los estímulos emocionales

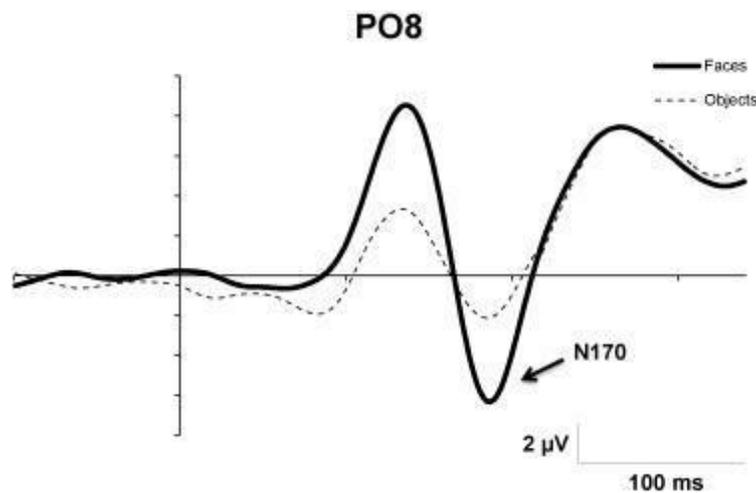
Además del método tradicional de PREs, Mazaheri et al. (2015) indican que el análisis de tiempo-frecuencia (ATF) puede proporcionar información complementaria sobre la dinámica del procesamiento neural y que la desincronización alfa es el componente más estable en una serie de análisis de frecuencia de tiempo sobre el procesamiento de emociones faciales. Se ha podido evidenciar esa circunstancia en varios experimentos (Mazaheri & Picton, 2005; Jensen & Mazaheri, 2010) donde la cantidad de alfa después de un estímulo visual está relacionada con el grado de atención, la extracción de características y el procesamiento cognitivo que activa el estímulo, por lo tanto, la actividad alfa en respuesta a una señal externa puede considerarse como un indicador confiable de atención

Una revisión sistemática de 128 estudios que analizaron el componente N170 en respuesta a expresiones faciales neutras y emocionales produjo 57 experimentos analizables (con 1645 adultos sanos). Primero, se encontró que el N170 era sensible a las expresiones faciales. En segundo lugar, esta sensibilidad es heterogénea, con expresiones faciales como la ira, el miedo y la felicidad que provocan las mayores amplitudes de N170. En tercer lugar, se estudiaron algunos factores, como la atención (donde la amplitud N170 también era sensible a las expresiones desatendidas) o el electrodo de referencia (referencia común que refuerza los efectos). En resumen, N170 es una herramienta valiosa para estudiar el procesamiento neuronal de las expresiones faciales para desarrollar teorías actuales (Carretié et al., 2001).

Cuando se mide el EEG y se extraen PREs en respuesta al evento específico que se está procesando, la presentación de caras provoca constantemente un componente N170, cuya

onda típicamente muestra amplitudes entre 130 y 200 milisegundos para los estímulos faciales en comparación con los no faciales, siendo máximos en las áreas laterales posteriores del cuero cabelludo (Bentin et al., 1996; Taylor et al., 2004). El hallazgo de los efectos N170 en objetos sin rostro después de la captación en pericia visual apoya una visión no modular (Rossion & Boremanse, 2011).

**Figura 6. Resumen esquemático que muestra la latencia, la polaridad y la amplitud del componente N170 de los PREs en respuesta a caras y otros estímulos visuales no faciales.**



Las respuestas basadas en el conocimiento perceptivo comienzan después de 100 ms. y el componente del PRE de 170 refleja la interpretación del estímulo como una cara.

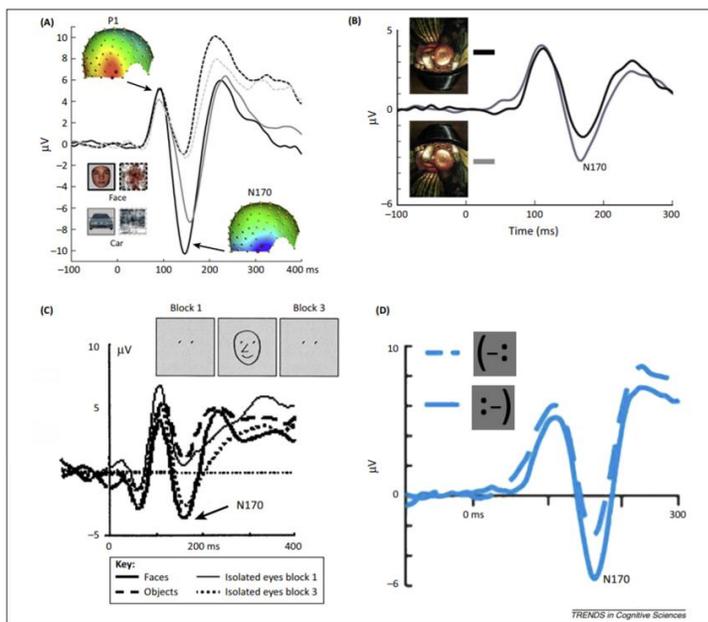
La Figura 6, muestra la respuesta promediada de PREs ante cuatro tipos de estímulos, los cuales utilizan la modalidad de imagen para mostrar rostros con propiedades visuales de alto y bajo nivel y cambio de orientación en la posición del rostro. Todas las formas de onda se extrajeron de un solo canal o de una región de interés sobre la corteza occipitotemporal derecha. (Rossion, 2014) concluye de dicha investigación, que el componente N170 tiene una fuerte relación con el procesamiento perceptual de rostros:

1. En el primer cuadro el N170 es un gran potencial negativo que se produce entre 100 y 200 ms., y es significativamente mayor en respuesta a rostros que en otras categorías de objetos familiares como los automóviles. Prácticamente no hay N170 para los estímulos

sin sentido que combinan las propiedades visuales de bajo nivel de las caras o los automóviles. Un PRE visual temprano (P1) también es mayor en respuesta a los rostros que a los automóviles (G. Ganis, 2012) (J.A. Desjardins, 2013).

2. En el cuadro dos, se promedian datos para electrodos occipito temporales derechos. El mismo cuadro (Vegetable Gardener by Arcimboldo) provoca una respuesta N170 mucho mayor cuando se presenta en una orientación vertical porque se percibe como una cara.
3. Los puntos aislados provocan una respuesta N170 solo después de que los observadores humanos vean estos puntos en caras esquemáticas, lo que prepara su interpretación de los puntos como los ojos de un rostro.
4. La combinación de caracteres :-), conocida como un emoticono y utilizada para indicar una rostro sonriente en la comunicación digital, provoca una respuesta N170 destacada, que se reduce sustancialmente si el mismo estímulo físico invertido (-: , y por lo tanto no se interpreta como un rostro.

**Figura 7. Componente N170 a respuestas basadas en el conocimiento perceptivo. (Rossion, 2014).**



Investigaciones recientes se han enfocado en examinar los correspondientes neurales de la decodificación de las emociones aparentes y reales en adultos a partir de los PREs. Los participantes juzgaban si la emoción aparente de la expresión facial era consistente con la emoción real (experiencia interna).

Los estímulos de "falsa felicidad" y "tristeza real" provocaron amplitudes P2 más pequeñas que "felicidad real" y "tristeza falsa". De manera similar, un potencial negativo más grande en la ventana de tiempo de 200–280 ms.(N200) fue provocado por "falsa felicidad" frente a "felicidad real" y también por "tristeza real"; mientras que, otro potencial negativo alrededor de 300 ms (N300) evocado por "falsa felicidad" fue más negativo que el de "felicidad real ". En general, el procesamiento de estímulos emocionales negativos necesitaba menos recursos psicológicos que el de estímulos emocionales neutros o positivos, ya que los estímulos negativos tienen una importancia adaptativa para la supervivencia humana. Estos resultados podrían indicar que el cerebro humano trata la "falsa felicidad" como tristeza y la "falsa tristeza" como felicidad en las etapas iniciales. Dependiendo del tipo de tarea, el componente N2, se comporta como una onda negativa que alcanza un pico entre 200 y 350 ms. después del inicio del estímulo podría reflejar un procesamiento diferente. El N2 se subdividió en diferentes componentes instantáneos de N2a, N2b y N2c, algunos de los cuales reflejan procesos automáticos, mientras que otros reflejan procesos controlados (R. Näätänen, 1986).

Los investigadores Folstein y Petten (2008) argumentaron que los tres subcomponentes de N2 provocados por estímulos visuales deben relacionarse con la detección de la novedad, el control cognitivo y algunos aspectos de la atención visual. Li, Yuan y Lin (2008) en su trabajo argumentaron que los estímulos emocionales más negativos provocan mayores amplitudes de N2 porque aprovecharán recursos previos para la evaluación adaptativa. Esencialmente, la "felicidad falsa" y la "tristeza real" fueron experiencias negativas para los participantes, lo que provocó un N200 más grande que las experiencias positivas, incluida la "felicidad real" y la "tristeza falsa".

Sabbagh et al. (2004) aseguran que el componente N270-400 distribuido en el cuero cabelludo frontal central derecho se asocia con la decodificación emocional. De manera similar, la amplitud del N300 podría reflejar una evaluación adicional de la información relacionada con la expresión emocional. Investigaciones recientes mostraron una diferencia significativa entre la N300 provocada por la "felicidad real" y por la "felicidad falsa". Las expresiones faciales negativas podrían provocar amplitudes N300 más grandes que un rostro feliz o neutral, lo cual se ha podido evidenciar en varios trabajos (Bar-Haim & Schutter, 2005; 2004).

De lo anterior se pueden inferir algunos tiempos en que la onda alcanza su pico después de que se presenta el estímulo, el tipo de respuesta y el tipo de valencia de 4 componentes; N170, N300, EPN y LPP:

**Tabla 2. Clasificación de latencia, tipo respuesta y valencia dependiendo del componente. Fuente: (J.M. Luck, 2014) (J.-M Hopf, 2002) (Bruno Rossion, 2014).**

<b>PREs emocionales</b>	<b>Tiempo de alcance de pico después del estímulo</b>	<b>Respuesta a PREs modalidad visual</b>	<b>Tipo de evento emocional</b>	<b>Tipo de valencia</b>
N170/Potencial del Vértice (PPV)	100 ms. - 200 ms.	Mayor en desagradable	Asociada al reconocimiento de rostros.	Neutral
N300	270 ms. - 400 ms.	Mayor en desagradable	Asociada con una evaluación de la información relacionada con la expresión emocional	Positivo
Negatividad Temprana (NPT – EPN en inglés)	200 ms. - 300 ms.	Mayor en agradable	Se asocia al contexto emocional neutral.	Neutral
Potencial Temprano (PPT – LPP en inglés)	500 ms. - 800 ms.	Mayor en desagradable	Se asocia al contexto emocional negativo.	Negativo

## **2.5 API'S DE ANÁLISIS MULTIMODAL DE EMOCIONES**

En esta sección se menciona algunas API para el reconocimiento de emociones en las modalidades de fotos, videos, texto y voz. Las emociones que se detectan usando las API son las seis (06) emociones básicas y un estado neutral identificadas por Ekman. En la Tabla 3 se muestra un cuadro comparativo de algunas de las API que exploran el análisis de sentimiento, además del reconocimiento de emociones, para determinar si la emoción expresada es positiva o negativa. En la tabla se exploran varias características entre ellas el grado de valencia, el tipo de reconocimiento, si existe o no seguimiento ocular, rangos de edad, género y etnia, entre otros.

**Tabla 3. Comparativa de funcionamiento entre 17 APIS de Análisis Multimodal de Emociones.**

CARACTERÍSTICAS	REPUTA	Media Toolkit	NEURONAL Technology	SkyBiometry	KAIROS	SIGNATURE CORP	Crowd Emotions	GOOGLE		MICROSOFT Azure	IBM			AFFECTIVA	OPENCV	NOLDUS Face Reader	APPLE	
								FaceNet	OpenFace		IBM Watson	nVISION	Alchemy				EMOTIENT	IMOTIONS
Reconocimiento de emoción en FOTO				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Reconocimiento de emoción en VIDEO			x		x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x
Reconocimiento de emoción en TEXTO	x	x								x			x				x	x
Reconocimiento de emoción en la VOZ			x							x			x				x	x
Seguimiento OCULAR	x	x	x			x							x			x	x	x
Detecta las emociones primarias	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Detecta el estado neutral						x		x		x	x	x	x	x	x	x	x	x
Detecta el compromiso						x	x			x		x	x	x			x	x
Grado de VALENCIA de la emoción						x	x			x		x	x	x			x	x
Detecta el género			x	x	x	x		x				x	x	x			x	x
Detecta el rango de edad			x	x	x	x				x	x	x		x			x	x
Detecta la etnia				x	x	x				x	x	x		x			x	x
Seguimiento de MÚLTIPLES ROSTROS				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Precio SDK para Negocios	699 US D	599 0	10000	50	249 USD	199 €	180 €	-	-	0.84 4	30	35.99 USD	499 D	7000 USD	-	-	300 USD	7000 USD
Precio SDK para Empresas	169 9US D	999 0	20000	100	499 USD	499 €	90 €	-	-	0.67 5	80	75.99 USD	499 D	7000 USD	-	-	300 USD	7000 USD
Precio SDK para Desarrolladores	99 US D		3000	Variable	99 USD	49 €	14 €/Hora	-	-	30,0 00	30 USD	35.99 USD	199 D	25 USD	-	-	300 USD	2500 USD
Referencias	(Inc, 201 8)	-2018	(Skybiometry, s.f.)	(Kair os AR, 2021 )	(Fac eApi , s.f.)	(API, s.f.)	(Face Ap i, s.f.)	(Op enF ace, s.f.)	(Azure, s.f.)	(IBM, s.f.)	(Programable Web, s.f.)	(IB M, s.f.)	(Afectiva, s.f.)	(OpenF ace, s.f.)	(Programable Web, s.f.)	(iM ON S, s.f.)	(iMOTION S, s.f.)	

**Tabla 4. Comparativa electroencefalogramas inalámbricos para la investigación**

CARACTERÍSTICAS	EMOTIV				MindMetriks				
	EPOC +	EPOC X	EPOC FLEX	INSIGHT	EEG + FNIR	EEG + VR	DSI-24	DSI-7	DSI-7 Flex
Uso médico					x		x		
Uso de investigación	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Sensores de grabación	14	14	32	5	8	7	21	7	7
Tecnología de los sensores	Fiedro en salina	Fiedro en salina	Salina/ Gel	Polímero semiseco	Secos	Secos	Secos	Secos	Secos
Cantidad de canales	32	32	32	32	8	7	24	7	7
Sensores de gel	x	x	x	x					
Sensores de salina	x	x	x	x					
Conexión inalámbrica	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Seguimiento OCULAR	x	x	x	x					
ERP auditivos	x	x	x	x	x	x	x	x	x
ERP visuales	x	x		x	x	x	x	x	x
Métricas de rendimiento de emoción	x	x		x	x		x	x	x
Métricas de rendimiento de compromiso	x	x		x	x		x	x	x
Métricas de rendimiento de relajación	x	x		x	x		x	x	x
Métricas de rendimiento de interés	x	x		x	x		x	x	x
Métricas de rendimiento de estrés	x	x		x	x		x	x	x
Métricas de rendimiento de enfoque	x	x		x	x	x	x	x	x
EF: Sorpresa, Frunce el ceño, Sonríe, Apretar	x	x		x					
EF: Parpadeo, Guiño izquierda, derecha	x	x		x					
Compatibilidad con Emotivo PRO	x	x	x	x					
Transmisión de datos inalámbricos	50Hz y 60Hz	50Hz y 60Hz	128 Hz	64 Hz	15 Hz	300/600 Hz	300 hz	300 hz	300 hz
Calidad de los datos	Más alto	Más alto	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Hora de configuración	3-5 min	3-5 min	15-30 min	1-2 min	1-2 min	1-2 min	3-5 min	1-2 min	1-2 min
<b>Precio</b>	Descontinuado	849 USD	1699 USD	299 USD	-	-	-	-	-

### **3 ÁREA PROBLEMÁTICA Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

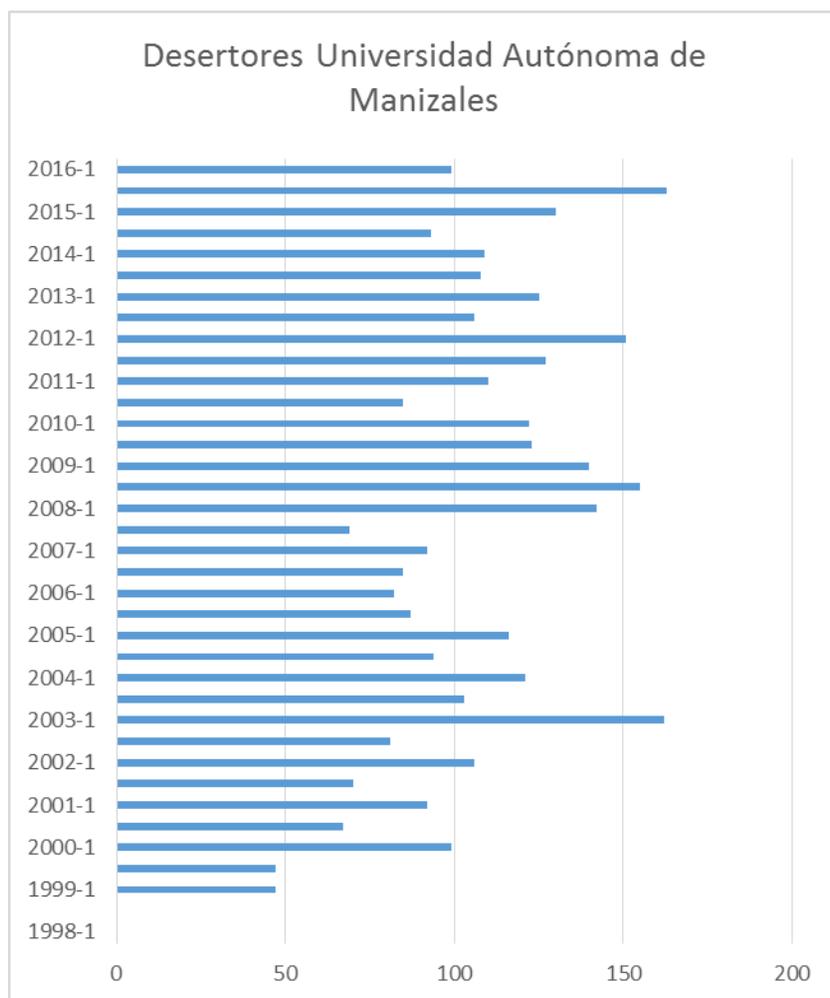
La UAM ofrece apoyo a los estudiantes de los programas de pregrado por medio del Programa de Permanencia y Graduación, en el cual consejeros, coordinadores y psicólogos, combinan estrategias de apoyo, con el fin de mejorar la calidad del proceso educativo, brindando mejora en las condiciones de aprendizaje de forma personalizada, buscando identificar factores clave que afectan la permanencia del estudiante en la institución (UAM, s.f).

Uno de los procesos que lleva a cabo el programa de Permanencia y Graduación, es conocido como Orientación Vocacional, el cual tiene como objetivo “Orientar a los estudiantes o aspirantes de la Universidad Autónoma de Manizales en la toma de decisiones académico-profesionales, por medio de un plan de desarrollo personal y plan de carrera como estrategia de la promoción de la permanencia” (Universidad Autónoma de Manizales (UAM, s.f) Los coordinadores de los programas son quienes remiten a los estudiantes que manifiestan confusión con el perfil vocacional seleccionado. Una vez se conocen los factores que generan esos vacíos de afinidad del estudiante con el programa, los profesionales del área proceden analizar cada situación en particular para finalmente realizar las recomendaciones pertinentes al estudiante o a la Coordinación del programa.

En promedio el proceso de Orientación Vocacional recibe alrededor de 40 estudiantes al año, por la totalidad de los 14 programas de pregrado, lo cual ha generado nuevos retos en la Institución, en ampliación de cobertura, y en promoción de la permanencia y graduación de los estudiantes que ingresan a un programa académico determinado. Dicha población se caracteriza cada vez más por sus altos niveles de heterogeneidad a nivel cognitivo, social, cultural, personal, y económico. En datos del Ministerio de Educación Nacional (MEN, 2008), son evidentes las brechas entre zonas y grupos vulnerables, de ahí que las instituciones están llamadas a promover políticas y acciones orientadas a brindar apoyo académico, psicosocial y financiero que busque igualar las oportunidades educativas en el acceso, permanencia y graduación de los jóvenes de diversas características socioeconómicas (UAM), s.f).

En este orden de ideas, una de las cifras más altas de deserción en la UAM se presenta en el programa de Ingeniería Biomédica, donde es usual que los estudiantes ingresen pensando que los contenidos que cursarán serán semejantes a los dispuestos en el programa de Medicina, generando confusión y repercutiendo en la expectativa del estudiante con el plan de estudios al que está matriculado.

**Tabla 5. Desertores por cohorte estudiantes nivel de formación Universitario de la UAM. 1998 – 2016. (Spadies, 2019).**



Como se puede observar en la Ilustración 1, el Sistema para la Prevención de la Deserción de la Educación Superior (SPADIES) tiene reporte de la cantidad de desertores en los programas de formación de la UAM nivel Universitario, desde primera cohorte del año 1998 hasta primera cohorte del año 2016. Alcanzado los picos más altos en primer y

segundo cohorte del año 2015, con un total de 480 y 464 estudiantes desertores, respectivamente. Los años que reportaron menos cantidad de desertores fueron 1998 y 1999 ambas cohortes, donde no se superaron los 58 estudiantes desertores (Ministerio de Educación Nacional, 2018).

En consecuencia, se identifica la necesidad de una herramienta de apoyo al proceso de Orientación Vocacional; que analice al estudiante cuando es expuesto al protocolo de estimulación emocional referente a los programas de formación, con el fin de medir la afinidad respecto a otras carreras y posteriormente se cuantifique el grado de valencia de siete emociones básicas a partir del Reconocimiento Facial de Emociones (RFE) y de los potenciales evocados relacionados a eventos emocionales, que determinan el nivel de afinidad con los temas correspondientes a los programas; lo anterior sirviendo como insumo para la evaluación de factores y presentación de recomendaciones por parte de los profesionales que acompañan el proceso.

Partiendo de lo anterior se hace necesario que la población objetivo del proyecto sean estudiantes de programas de pregrado de la universidad, de forma tal, que el análisis de datos del sistema propuesto se podrá correlacionar con el resultado de la prueba de Intereses y Preferencias Profesionales – Revisado (IPP-R) que utilizan como insumo en el área de Bienestar Universitario de la UAM para identificar gustos y preferencias respecto a las actividades y profesiones que se presentan en las 180 preguntas que tiene la prueba.

En este contexto se formula la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo se desarrolla un sistema computacional basado en las técnicas de reconocimiento facial y de potenciales relacionados a eventos en el análisis de procesos emocionales?

## 4 JUSTIFICACIÓN

En la UAM se busca que las respuestas emocionales del estudiante frente al contenido educativo sean positivas y correspondan al perfil vocacional seleccionado. En este orden de ideas, incluir herramientas que permiten analizar la respuesta emocional y el grado de afinidad del estudiante con los programas de pregrado, permitiría determinar de manera más precisa sus perfiles vocacionales. Lo anterior se espera lograr cuando los estudiantes son expuestos a protocolos de estimulación emocional previamente definidos en relación con las actividades de diferentes programas de pregrado. En estas sesiones de estimulación, el estudio de procesos emocionales a través de las técnicas de RFE y PREs, brindaría una herramienta de análisis para definir la afinidad de cada estudiante con este programa u otros.

Con el propósito de que los resultados arrojados por el análisis multimodal de emociones sean útiles para el proceso de Orientación Vocacional de la UAM, y validar que son resultados confiables, se correlacionarán con las respuestas a potenciales evocados visuales mediante la tecnología del EEG, logrando un indicador emocional más preciso.

El proyecto es viable de hacer, puesto que se cuenta con la tecnología requerida y la población objetivo para realizar pruebas piloto. Actualmente, existen varias investigaciones que fusionan la expresión facial con las señales fisiológicas que incluyen EEG, evidenciando que la combinación de las modalidades da como resultado una tasa de precisión del 95%. Estos resultados indican que las señales fisiológicas pueden contribuir sustancialmente al reconocimiento de emociones (Huang et al., 2015).

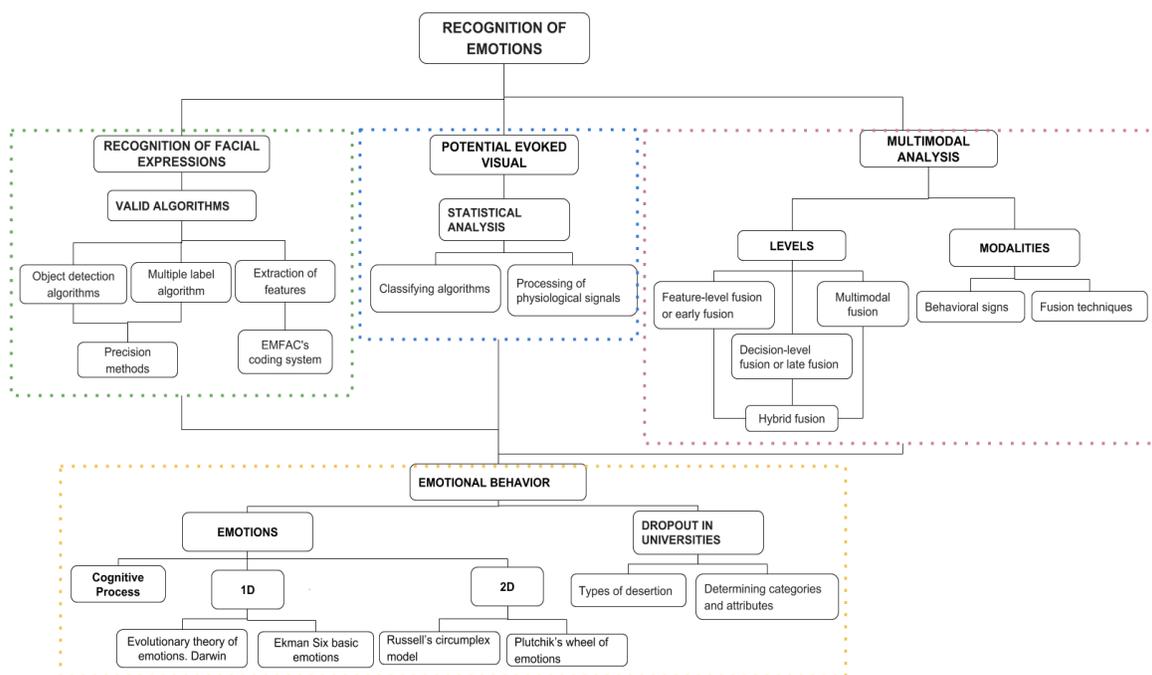
Las emociones influyen en todos los procesos cognitivos del ser humano y son un patrón clave en actividades como prestar atención, memorizar y sentir afinidad por algo, influyendo en el comportamiento y en la toma de decisiones, siendo estas y la empatía características fundamentales en los seres humanos (Picard, 2003).

## 5 REFERENTE TEÓRICO

En este capítulo se presentan los fundamentos teóricos del presente proyecto de investigación. Para ello, se retoman los conceptos: Emoción y análisis de emoción, análisis del afecto unimodal, sistemas multimodales y por último Deserción en educación superior, mostrando cifras específicas de programas de pregrado de la UAM. Los temas presentados en este capítulo han sido considerados toda vez que constituyen un marco lógico para alcanzar el objetivo planteado.

En la Ilustración 3 se muestran los términos utilizados para la búsqueda bibliográfica:

Figura 8. Referente teórico



### I. Emoción y Análisis de la emoción

La informática afectiva es el conjunto de técnicas destinadas a realizar el reconocimiento de emociones o afectos a partir de datos, en diferentes modalidades y en diferentes escalas de granularidad, implementando una clasificación binaria (positiva y negativa), mientras que

el reconocimiento de emociones realiza un reconocimiento de afectos finos, ya que pretende clasificar los datos de acuerdo con un gran conjunto de etiquetas de emoción.

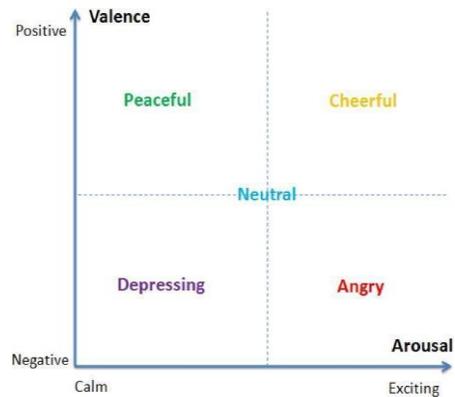
Si bien existe una clasificación fija para el sentimiento que está vinculada a sentimientos positivos, negativos y neutrales. A principios de la década de 1970, Ekman encontró evidencia de que los humanos comparten siete emociones básicas: alegría, temor, disgusto, tristeza, enojo, sorpresa y desprecio, las cuales forman un grupo de estados afectivos como respuesta a estímulos de entornos externos o eventos interpersonales (Picard et al., 2001).

**Enfoque Dimensional de las Emociones:** Las representaciones de las emociones incluyen escalas discretas en términos del grupo de estados afectivos antes mencionado, o el uso del plano de valencia-excitación (Kim & André, 2008), (Lee, Shackman, Jackson, & Davidson, 2009). Para este último, las coordenadas bidimensionales describen la naturaleza de la experiencia emocional a través del núcleo de los afectos (Chanel, Rebetez, Betancourt, Pun, 2011).

- i. **Modelo que incluye grupo de estados afectivos:** El modelo cuenta con dos dimensiones; la dimensión de excitación y la de valencia. La primera se usa para cuantificar diferentes grados de calma a niveles de emoción, mientras que la segunda indica si los sentimientos son positivos (felices) o negativos (tristes) (Alzoubi et al., 2012), (Davidson, 2003), (Zhang et al., 2017).

La Figura 9 muestra un diseño típico del plano de valencia-excitación, donde múltiples estados emocionales se pueden definir con diferentes combinaciones de niveles de excitación y valencia.

**Figura 9. Plano de valencia-excitación**



- **El estrés (FRU)** es una medida de comodidad con el desafío actual. El alto estrés puede resultar de la incapacidad de completar una tarea difícil, sentirse abrumado y con temor por no satisfacer los requisitos de la tarea. En general, un nivel de estrés moderado o bajo puede mejorar la productividad, mientras que un nivel alto tiende a ser destructivo y puede tener consecuencias a largo plazo para la salud y el bienestar.
- **El compromiso (ENG)** se experimenta como alerta y la dirección consciente de la atención hacia los estímulos relevantes para la tarea. Mide el nivel de inmersión en el momento y es una mezcla de atención y concentración y contrasta con el aburrimiento. Cuanto mayor sea la atención, el enfoque y la carga de trabajo, mayor será la puntuación de salida reportada por la detección.
- **El interés (VAL)** es el grado de atracción o aversión a los estímulos, se conoce comúnmente como valencia. Las puntuaciones de interés bajas indican una fuerte aversión a la tarea, el interés alto indica una fuerte afinidad con la tarea, mientras que las puntuaciones de rango medio indican neutralidad por la actividad
- **La excitación (EXC)** se caracteriza por la activación en el sistema nervioso simpático que resulta en una gama de respuestas fisiológicas que incluyen dilatación de la pupila, ensanchamiento de los ojos, estimulación de las glándulas sudoríparas, aumentos de la frecuencia cardíaca y la tensión muscular, desviación de la sangre e inhibición digestiva. En general, cuanto mayor sea el aumento de la excitación fisiológica, mayor será la puntuación de salida para la detección. La detección de excitación está ajustada para proporcionar

puntuaciones de salida que reflejan cambios a corto plazo en la emoción durante períodos de tiempo tan cortos como varios segundos

- **Focus (FOC)** es una medida de atención fija a una tarea específica. El enfoque mide la profundidad de la atención, así como la frecuencia con la que la atención cambia entre tareas. Un alto nivel de cambio de tarea es una indicación de mala concentración y distracción.

- **La relajación (MED)** es una medida de la capacidad de apagarse y recuperarse de una concentración intensa. Los meditadores entrenados pueden obtener puntuaciones de relajación extremadamente altas.

ii. **Modelo del plano de valencia-excitación** como lo muestra la Ilustración 5 usan la valencia (emociones positivas (felices) vs. Negativas (tristes)) como eje horizontal y excitación (emociones activadoras vs. emociones calmantes) como eje vertical. Las expresiones faciales son indicadores centrales de los estados emocionales subyacentes (IMOTIONS, 2017).

Figura 10. Modelo dimensional de emociones.



## II. Sistemas de Análisis Unimodal de Emociones

El análisis del afecto unimodal se centra en tres tipos de modalidades, las cuales son: visual, auditiva y textual.

## **i. Modalidad visual**

Las expresiones faciales son señales primarias para comprender emociones y sentimientos. A través de las edades de las personas involucradas, y la naturaleza de las conversaciones, las expresiones faciales son el canal principal para crear una impresión del estado mental actual del sujeto (Ekman, 1993).

### **a. Reconocimiento Facial de Emociones (RFE)**

Ekman (1993) es considerado pionero en esta área de investigación, argumentando que es posible detectar siete emociones básicas, (alegría, temor, disgusto, tristeza, enojo, sorpresa y desprecio) a partir de las señales faciales. El sistema de codificación de acción facial (FACS), se basa en la reconstrucción de expresiones faciales en términos de UA. Los músculos faciales de todos los humanos son casi idénticos y las UA se basan en los movimientos de estos músculos, que constan de tres partes básicas: número AU, nombre FACS y base muscular.

FACS solo distingue las acciones faciales y no ofrece ninguna inferencia sobre las emociones, se utiliza en el campo de la neurociencia, visión artificial, gráficos por computadora y animación, y codificación facial para procesamiento digital de señales (Huang et al., 2016; Y. Li et al., 2015; Romero et al., 2017).

### ***Estado del arte de bases de datos de Macro expresiones Faciales***

La Tabla 6 hace referencia a algunas bases de datos de macro expresión, cada una de las cuales consta de vastas muestras de entrenamiento etiquetadas en comparación con bases de datos de micro expresión.

**Tabla 6. Estado del arte de bases de datos de Macro expresiones Faciales**

<b>BASES DE DATOS DE MACROEXPRESIONES FACIALES</b>					
<i>Nombre Bases de Datos</i>	<i>Referencias</i>	<i>Modalidad</i>	<i>Emoción identificada</i>	<i>Analiza la emoción</i>	
				<i>SI</i>	<i>NO</i>
Belfast	(Douglas-Cowie, Cowie, & Schroder)	A + V	Amplia gama de emociones		x
	(McKeown , Valstar, Cowie, & Pantic, 2012)				
	(Gunes & Pantic, 2010)				
	(Eyben, y otros, 2011)				
SEMAINE	(Rahman & Busso, 2012)	A + V	Enojo, felicidad, miedo, disgusto, tristeza, desprecio y diversión		x
	(Rozgić, Ananthkrishnan, Saleem, Kumar, & Prasad)				
	(Poria, Chaturvedi, Cambria, & Hussain, 2016)				
eNTERFACE	(I. Siegert, 2018)	A + V	Felicidad, enojo, tristeza, sorpresa, disgusto y miedo		x
AM-FED	(Afectiva, 2016)	A + V	Felicidad, enojo, tristeza, sorpresa, disgusto y miedo		x

*V= Video, A= Audio*

**Tabla 7. Estado del arte de bases de datos de Micro expresiones Faciales**

<i>Micro</i>	<i>Nombre</i>	<i>Referencias</i>	<i>Modali</i>	<i>Emoción</i>	<i>Analiza la</i>			
	<i>Bases de</i>				<i>dad</i>	<i>identificada</i>	<i>emoción</i>	
	<i>Datos</i>						<i>SI</i>	<i>NO</i>
“Las micro	Polikowski	(Polikovsky et al., 2009)	Video	Felicidad, enojo, tristeza, sorpresa, disgusto y miedo	x			
	CAS (ME)2	(Yan et al., n.d.)	Video	Felicidad, enojo, tristeza, sorpresa, disgusto y miedo	x			
	CASME II	(P. Zhang et al., 2016a)	Video	Felicidad, enojo, tristeza, sorpresa, disgusto y miedo	x			
	SMIC-HS,		Video	Felicidad, enojo, tristeza, sorpresa, disgusto y miedo	x			
	SMIC-NIR	(X. Li et al., 2013; Liao et al., 2017)	Video	Felicidad, enojo, tristeza, sorpresa, disgusto y miedo	x			
	SMIC-VIS		Video	Felicidad, enojo, tristeza, sorpresa, disgusto y miedo	x			

expresiones son expresiones faciales rápidas e involuntarias que revelan las emociones genuinas que las personas tratan de disfrazar.”(Zhang et al., 2016b).

En la actualidad, las bases de datos de micro expresión existentes (CASME I, CASME II, SMIC, Polikovsky) como se muestra en la Tabla 7, se emplea la modalidad de Video haciendo un análisis unimodal de emociones, en el cual la duración de la micro expresión es corta y su intensidad es débil. Por lo tanto, las características son vulnerables a las características de apariencia de caras, iluminaciones, ruidos y otros factores.

## **b. Los Potenciales Relacionados con Eventos (PRE) en la tecnología EMOTIV**

El comportamiento humano y la experiencia surgen de la actividad de miles de millones de células cerebrales que integran información a través de potenciales eléctricos. Los potenciales relacionados con eventos (PRE) son una técnica no invasiva que se utiliza para medir la actividad eléctrica de esas células en relación con un evento conocido, utilizando sensores conectados al cuero cabelludo. Este evento puede ser una estimulación sensorial (por ejemplo, un destello de luz, una descarga eléctrica, un ruido fuerte), un evento motor (por ejemplo, una pulsación de un botón, un movimiento del ojo) o una operación mental (por ejemplo, anticipación, imágenes mentales). Los científicos han utilizado los PREs durante más de 80 años para estudiar la actividad eléctrica cerebral después de eventos de interés (Thigpen, 2017).

Las formas de onda de los PREs se analizan comúnmente en el dominio del tiempo para determinar las características de la curva, como las amplitudes máximas y las latencias, o sus respectivas diferencias. En el dominio de la frecuencia, por otro lado, es posible analizar los PREs como un todo para los cambios en la amplitud o fase en ciertas frecuencias. Las características principales que poseen las ondas son:

***Latencia:*** Es el intervalo de tiempo, medida en milisegundos (ms.) que transcurre desde el momento de la aparición del estímulo hasta la respuesta provocada por dicho estímulo. Los picos más grandes en la forma de la onda son referentes como puntos de medición y se les conoce como latencia absoluta.

***Amplitud:*** Consiste en medir el punto de máxima altura de un componente, es decir, la amplitud absoluta existente entre un punto máximo de un pico con polaridad positiva o negativa a un pico máximo, pero de polaridad opuesta, esto se conoce como amplitud pico-pico. La amplitud tiene como unidades de medida los microvoltios ( $\mu V$ ). (Castro, 2011)

***Polaridad:*** Hace referencia a la forma positiva (P) o negativa (N) de la onda, es decir, las deflexiones ascendientes y descendientes del trazado de los PRE; según la ubicación de los electrodos y la convención de polaridad determinada por el sistema empleado.

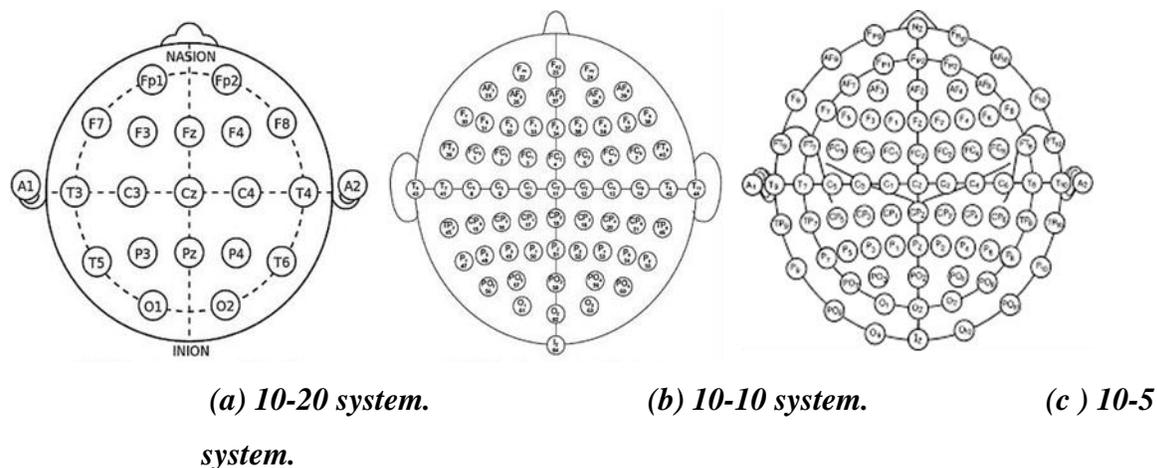
**Morfología:** Se habla de morfología de las ondas cuando siguen un patrón característico. La forma de la onda resulta de la representación gráfica que toman sus diferentes componentes teniendo en cuenta la polaridad, latencia, amplitud, generadores y función de cada uno de sus componentes.

***Los potenciales relacionados con eventos se pueden medir mediante los sistemas de EEG 10-5, 10-10 y 10-20***

Los intercambios bioquímicos entre las células producen una pequeña actividad eléctrica cuando las neuronas se comunican entre sí. Una sola señal eléctrica de neurona a neurona no es registrable, pero cuando millones de neuronas se sincronizan, el campo eléctrico generado puede ser medido desde el cuero cabelludo. (Nunez & Srinivasan, 2006; R. & P.V.S.S.R., 2016; Sörnmo & Laguna, 2005).

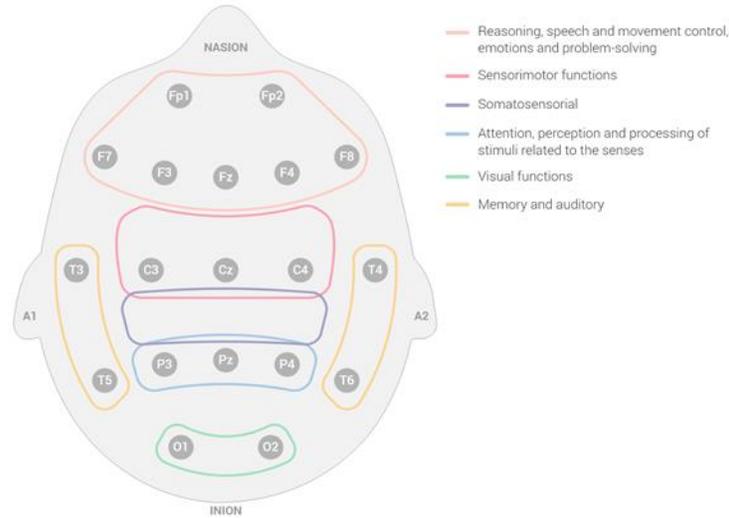
En 1947 se designó un comité para crear un estándar que unifica todos los procedimientos para el registro de la actividad eléctrica con EEG. Este comité ideó el sistema EEG 10-20 como una forma de posicionar y etiquetar los canales del EEG, y propuso un mínimo de 21 electrodos para examinar el cerebro adulto y toma cuatro puntos de referencia craneales (nasion, inion y ambos puntos pre-auriculares), y distribuye proporcionalmente los electrodos del EEG sobre la superficie de la cabeza (Navarro et al., 2018).

**Figura 11. Sistemas de distribución de los electrodos del EEG sobre la superficie en la cabeza**



El estándar de ubicación de los electrodos para EEG del cuero cabelludo, permite asociar el EEG de un sensor con diferentes funciones cerebrales dependiendo de su ubicación en el layout 10-20. La siguiente ilustración representa las funciones del cerebro por área y su equivalente con el sistema de electrodos 10-20.

**Figura 12. Relación entre las funciones cerebrales y la serie de electrodos estandarizados del EEG del IFCN.**



***Layouts de EEG con colocación de electrodos variables o fijos:*** Existen dos tipos de sistemas, los que tienen un layout variable de sensores que pueden ser colocados en diferentes posiciones y los que tienen layouts fijos donde la colocación de los electrodos para EEG no se puede cambiar.

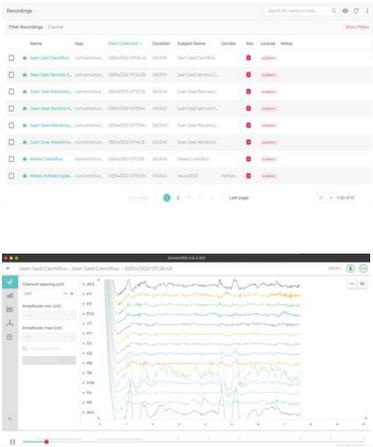
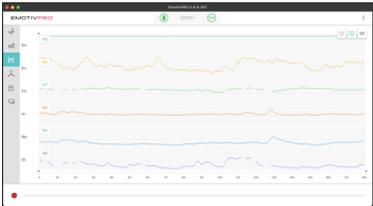
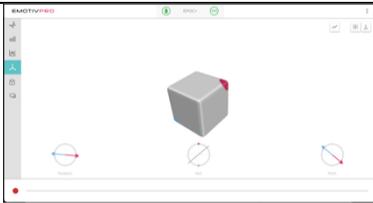
El Emotiv EPOC utiliza layouts de EEG con colocación de electrodos fijos basado en el sistema 10-20 para definir las posiciones de los electrodos a lo largo del cuero cabelludo.

**Figura 13. EEG Emotiv EPOC+ basado en el sistema 10-20**



***EEG Emotiv EPOC+ de layouts fijos:***

**Tabla 8. Características del EEG Emotiv EPOC+ desde Emotiv PRO-SOFTWARE.**

<i>Visualización EEG</i>	<i>Descripción</i>	<i>Salida</i>
<i>EEG Crudo</i>	<p>Raw EEG muestra las fluctuaciones de voltaje detectadas en cada sensor. Los gráficos EEG crudos se muestran como uV por muestra. Son 14 ondas, asociadas a cada uno de los 14 canales.</p> <p>Se pueden activar y desactivar los canales para centrarse en la información de mayor relevancia en la investigación y personalizar la escala del gráfico.</p>	
<i>Métricas de rendimiento</i>	<p>La vista de métricas de rendimiento muestra los resultados obtenidos por algoritmos de métricas de rendimiento para estados cognitivos.</p> <p>Se muestran en un eje escalado de 0 a 100. Los datos se suministran a 0,1 Hz para su posterior exportación, reproducción en la aplicación</p>	
<i>Sensores de movimiento</i>	<p>Los sensores de movimiento muestran datos relativos a la posición y orientación del Emotiv EPOC utilizando una combinación de datos de orientación absoluta y vectores de rotación en un gráfico de series temporales de diez canales.</p>	
<i>Paquetes de datos</i>	<p>Esta vista muestra el número de paquetes de datos que se transfieren correctamente desde los auriculares al PC y cuántos se eliminan.</p>	

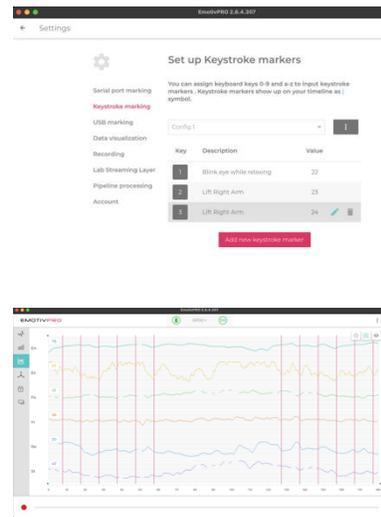
---

**Marcadores de eventos**

Los marcadores se utilizan para indicar eventos específicos en los archivos EEG.

Se puede enviar marcadores manualmente a través del teclado para permitir que otras aplicaciones presenten estímulos y marquen los eventos automáticamente.

Cualquier marcador introducido se mostrará en el flujo de datos y en la línea de tiempo de grabación durante la reproducción y se indicará junto con otros flujos de datos en los archivos CSV exportados de la aplicación.



---

Fuente: (EMOTIV EPOC+ 14-Channel Wireless EEG Headset | EMOTIV, n.d.)

**c. Potenciales Evocados Visuales (PE)**

Los PE son respuestas eléctricas generadas por la estimulación de un órgano sensorial, por medio de las cuales los médicos miden y evalúan la ruta sensorial desde el órgano sensorial periférico hasta la corteza cerebral (Waldman, 2009). Los estudios de PE son un método para evaluar la integridad de las vías sensoriales desde el órgano terminal hasta la corteza cerebral.

Un potencial o respuesta evocados es un potencial eléctrico registrado en el sistema nervioso después de la presentación de un estímulo, a diferencia de los potenciales espontáneos detectados por EEG.

**III. Sistemas de Análisis Multimodal de Emociones**

**i. Reconocimiento de afecto multimodal**

Es la fusión de información de diferentes modalidades, que incluyen: análisis de sentimiento, reconocimiento de emociones, detección de concepto semántico, detección de eventos, seguimiento humano, segmentación de imágenes, clasificación de videos, entre otras modalidades. La Tabla 9 relaciona algunos de los trabajos consultados, con las

respectivas bases de datos empleadas para el análisis multimodal del sentimiento y el reconocimiento multimodal de la emoción.

**Tabla 9. Bases de datos empleadas para el reconocimiento multimodal de emociones y de sentimientos**

Reconocimiento multimodal de la emoción.	
Base de datos	Trabajos recientes
SEMAINE	( <i>I · Bug - Recursos - Base de Datos SEMAINE</i> , n.d.; McKeown et al., 2012)
HUMAINE	(Douglas-Cowie et al., 2011, 2007)
eINTERFACE	(F. Eyben M. W., 2009) (S. Poria E. C.-B., 2015) (S. Zhang, 2012)
IEMOCAP	(Busso et al., 2008; <i>IEMOCAP Dataset   Papers With Code</i> , n.d.)
Análisis multimodal del sentimiento.	
Base de datos	Trabajos recientes
MOUD	(Cament et al., 2015; Poria et al., 2017)
YouTube	(Poria et al., 2017) (Afectiva, 2021)
ICT-MMMO	(M. Wollmer, 2013)

## ii. Fusión de datos multimodales

Puede proporcionar información excedente con un aumento en la precisión del resultado (Poria et al., 2017).

## iii. Técnicas de fusión de la información para el análisis de emoción multimodal

Fusión de nivel de función o inicial

Fusiona las características extraídas de varias modalidades como características visuales, características de texto, características de audio, entre otros, como una característica general Vector y las características combinadas se envían para su análisis. La ventaja de la fusión a nivel de características es que la correlación entre varias características multimodales en una etapa temprana puede proporcionar mejores resultados. La desventaja de este proceso de fusión es la sincronización de tiempo, ya que las características obtenidas pertenecen a diversas modalidades y pueden diferir ampliamente en muchos aspectos, por lo que antes de que tenga lugar el proceso de fusión, las características deben incorporarse en el mismo formato (Alzoubi et al., 2012; Cohn et al., 2004; Wang et al., 2019).

Nivel de decisión o fusión tardía

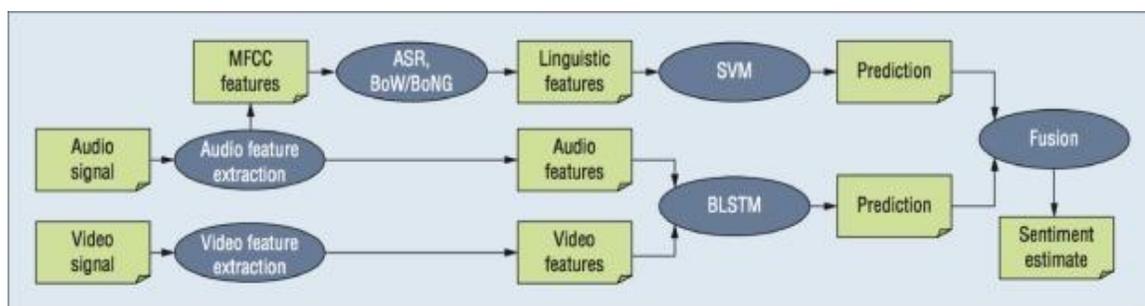
En este proceso de fusión, las características de cada modalidad se examinan y clasifican de forma independiente y los resultados se fusionan como un vector de decisión para obtener la decisión final.

La ventaja de este tipo de fusión es que cada modalidad puede utilizar su clasificador o modelo más adecuado para conocer sus características. Los investigadores han tendido a preferir la fusión a nivel de decisión sobre la fusión a nivel de características (Kara et al., 2021; Poria et al., 2015).

#### Fusión multimodal híbrida

Este tipo de fusión es la combinación de los métodos de fusión a nivel de característica y de decisión (Poria et al., 2016; Poria et al., 2015; Wang et al., 2019)

**Figura 14. Fusión híbrida para el análisis de sentimientos multimodales en videos de YouTube según lo propuesto por (Eyben et al., 2010) (Eyben et al., 2009)**



#### IV. Deserción en Educación Superior

El Ministerio de Educación Nacional (MEN) define la deserción como el fenómeno en el cual un estudiante no logra cumplir las aspiraciones de su proyecto educativo, y presenta inactividad académica por un año o más. Es decir, el gobierno considera un estudiante desertor cuando no registra materias por más de dos semestres seguidos.

Teniendo en cuenta que la deserción se puede presentar en cualquier parte del proceso educativo, el MEN desde el año 2009 ha catalogado dos tipos de abandono:

***i.Deserción con respecto al tiempo:*** Se clasifica según el periodo en el que deserte: antes de iniciar la matrícula (deserción precoz), en los primeros tres semestres (deserción temprana) o en los últimos semestres (deserción tardía).

***ii.Deserción referida al espacio:*** Puede ser institucional (al abandonar la institución por completo) o interna (traslado de programa dentro de la misma institución).

***iii.Factores de deserción en Educación Superior:*** Los expertos explican que existen múltiples factores, tanto personales como externos, que afectan la decisión al momento de desertar: la orientación vocacional, el bienestar universitario y los reglamentos estudiantiles influyen de manera importante en la permanencia de los estudiantes en cualquier institución de educación superior. Una particularidad acerca de éstos es la orientación vocacional, que de acuerdo con el estudio de la Universidad Nacional de Colombia –UNAL (2002), las universidades han tenido que afrontar algunos cambios encaminados a ejercer una orientación profesional, que involucren destrezas, habilidades y aptitudes que se vean reflejadas tanto en su desempeño personal como laboral.

***iv.Relación entre Orientación Vocacional y Deserción:*** Como lo menciona Rodríguez (2002, citada en UNAL 2002, p. 22) la orientación vocacional ayuda a la prevención del fracaso escolar y el abandono de los estudios. Esta asociación de la orientación profesional con la deserción se produce debido a: Elección de una ocupación errada, falta de orientación a estudiantes de media técnica o académica para elegir una carrera afín a sus intereses, confusión y falta de conocimiento de ellos mismos, o por tipos de presión (Familiar, social, económica).

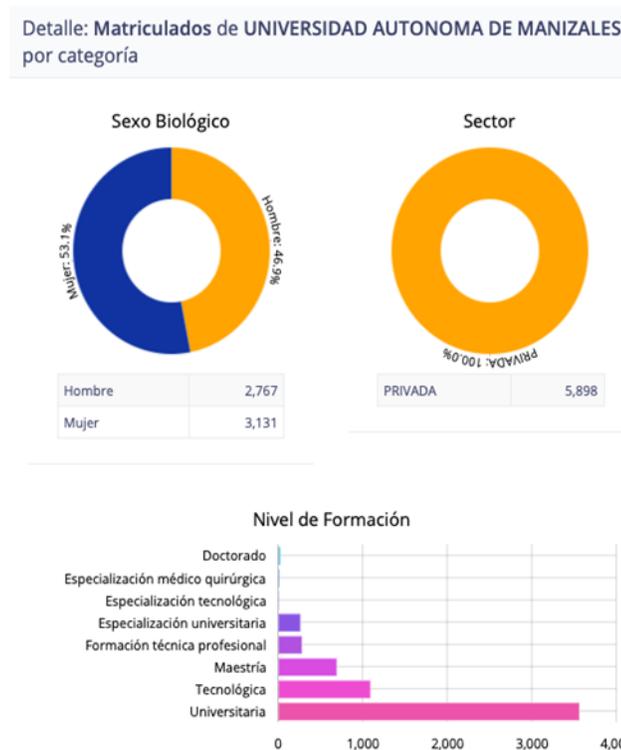
El impacto de la orientación vocacional se traduce en jóvenes inconformes o con inhabilidades en ciertas áreas ocupacionales y menciona que, para mejorar la retención, las instituciones de educación superior deberían tener en cuenta no sólo los requisitos académicos, cognitivos y de competencias personales de sus aspirantes, sino la compatibilidad de las tendencias profesionales con el perfil de la carrera

elegida, tanto en el nivel de aptitudes e intereses como de personalidad y motivación (UNAL, 2002).

***Cifras de deserción de los programas de pregrado de la Universidad Autónoma de Manizales (desde el año 2004 hasta 2016).***

La gráfica de desertores por cohorte de estudiantes de pregrado en la UAM 1998 – 2016 evidencia la cantidad de estudiantes desertores por año, desde el primer semestre del año 2004 hasta el primer semestre del año 2016, fuente: MEN – SNIES.

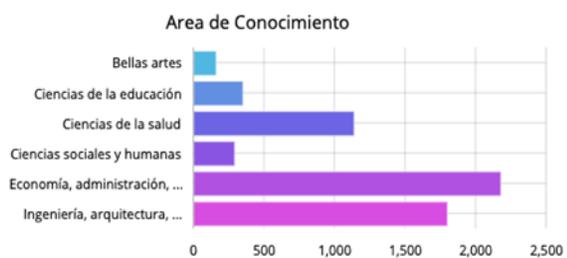
**Figura 15. Matriculados en la UAM por categoría**



De la Figura 15 se puede inferir que es mayor el número de mujeres que se matricularon en el año 2016 y que el nivel de formación que conto con mayor número de matriculados, fue formación Universitaria, seguido de tecnología y Maestría. (Figura 15. Matriculados en la UAM por categoría).

**Figura 16. Cantidad de estudiantes matriculados primer semestre año 2019 en la UAM.**

Doctorado	21
Especialización médico quirúrgica	9
Especialización tecnológica	3
Especialización universitaria	258
Formación técnica profesional	276
Maestría	688
Tecnológica	1,087
Universitaria	3,556



Bellas artes	157
Ciencias de la educación	347
Ciencias de la salud	1,135
Ciencias sociales y humanas	288
Economía, administración, contaduría y afines	2,175
Ingeniería, arquitectura, urbanismo y afines	1,796

En la

Figura 16, se puede evidenciar que el área de conocimiento que tuvo mayor número de matriculados durante el año 2019 fue Economía, Administración, contaduría y afines, con un total de 2175 estudiantes. Seguido del programa de Ingeniería, arquitectura, urbanismo y afines, donde se inscribieron un total de 1796 estudiantes.

El área de bienestar universitario cuenta con el programa de permanencia, en el cual los profesionales involucrados, utilizan algunas pruebas psicológicas que pueden ser pruebas de inteligencia general como OTIS, RAVEN y TRF; pruebas de intereses profesionales como KUDER, PIP; pruebas de actitud hacia el estudio como EHAE y pruebas de inteligencia factorial como PMA, TRDA. Los resultados obtenidos por los estudiantes en dichas pruebas les permite brindar una orientación más asertiva según el perfil del estudiante.

## **6 OBJETIVOS**

### **6.1 OBJETIVO GENERAL**

Establecer una metodología basado en las técnicas de reconocimiento facial y de potenciales relacionados a eventos para los procesos de orientación vocacional universitarios.

### **6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Implementar protocolos de estimulación de eventos emocionales que evidencien cada una de las carreras que se contemplan en el área de interés vocacional analizadas.
2. Desarrollar del sistema que permite presentar protocolos de estimulación visual, análisis de RFE y de potenciales relacionados a eventos.
3. Evaluar el desempeño de los módulos desarrollados y la correlación multimodal de las señales emocionales obtenidas.

## 7 METODOLOGÍA

La metodología de trabajo del presente proyecto de investigación se basa en el proceso de desarrollo Unificado Racional (RUP), el cual se divide en cuatro fases, que a su vez son comprendidas en iteraciones que generan entregables de forma incremental, con el fin de garantizar el cumplimiento de los objetivos del proyecto. Las fases que la metodología RUP incluye son:



### ***1. Fase de Inicio***

Las iteraciones de dicha fase se enfocan en la comprensión del problema de investigación, a partir de las cuales se establecen y delimitan los requerimientos funcionales del sistema que se dan a conocer a continuación, junto con su nivel de prioridad.

#### ***Entregables de la Fase:***

1. Requerimientos funcionales de la aplicación.

*Ver anexo: Requerimientos Funcionales Sistema de análisis Multimodal de emociones.*

2. Con base en el levantamiento de requerimientos se procede a realizar los casos de uso definiendo los roles y la delimitación del sistema.

*Ver anexo: Casos de uso con la delimitación del sistema para los módulos RFE y EEG de la aplicación.*

*Ver anexo: Tablas descriptivas de los casos uso identificado*

## II. Fase de elaboración

Se establece un plan de trabajo, el desarrollo de la arquitectura y el diseño de la aplicación tomando como entrada los requisitos funcionales y no funcionales establecidos en la fase de análisis.

### Entregables de la fase:

- Plan de trabajo.

Tabla 10. Plan de trabajo fase de elaboración metodología RUP

PLAN DE TRABAJO	
OBJETIVO I	ACTIVIDADES
Implementar protocolos de estimulación de eventos emocionales que evidencien cada una de las carreras que se contemplan en el área de interés vocacional analizadas	Elaborar el diagrama de clases del sistema.
	Elaborar el diagrama de Modelo Entidad Relación.
	Realizar el diseño de las interfaces de usuario del sistema.
	Selección de protocolos por área de interés según resultados de la prueba de Kuder.
OBJETIVO II	ACTIVIDADES
Desarrollar del sistema que permite presentar protocolos de estimulación visual, análisis de RFE y de potenciales relacionados a eventos	Codificar modulo para la gestión de estudiantes por departamento y programa de estudios.
	Codificar módulo de aplicación digital y evaluación por área de interés de la prueba de Kuder
	Codificar el módulo que permita la generación de protocolos y el análisis de RFE
OBJETIVO III	ACTIVIDADES
Evaluar el desempeño de los módulos desarrollados y la correlación multimodal de las señales emocionales obtenidas.	Realizar la intervención en estudiantes de los programas seleccionados.
	Analizar la efectividad del análisis multimodal de emociones en relación con los métodos tradicionales de perfil vocacional.

*Ver anexo: Interfaces Sistema de análisis Multimodal de emociones UAM.*

*Ver anexo: Diagrama de clases y diagrama entidad relación.*

## III. Fase de construcción.

En cumplimiento con el segundo objetivo del proyecto: “Desarrollar el sistema que permite presentar protocolos de estimulación visual, análisis de RFE y de potenciales relacionados a eventos” se lleva a cabo el desarrollo del sistema y sus respectivas pruebas funcionales, para la validez de este.

**Actividades de la fase:**

**1. Codificar módulo para la gestión de estudiantes** por departamento y programa de estudios.

**2. Codificar módulo de aplicación de la prueba de Kuder**, prueba que incluye 504 actividades, agrupadas de tres en tres, con el fin de obtener el perfil de intereses predominante del estudiante, determinando el listado de carreras que corresponden a dicho perfil, conforme a la Tabla de Profesiones. De este modo, se agilizan los tiempos de aplicación y evaluación de la prueba de Kuder. A continuación, se listan las 10 áreas de interés:

- 0: Interés trabajo al aire libre
- 1: Interés mecánico
- 2: Interés para el cálculo
- 3: Interés científico
- 4: Interés persuasivo
- 5: Interés artístico – plástico
- 6: Interés literario
- 7: Interés musical
- 8: Interés por el servicio social
- 9: Interés por el trabajo de oficina

**3. Codificar el módulo que permita la generación de protocolos y el análisis de RFE**, según el área de interés más predominante y menos predominante, arrojado por la prueba de Kuder.



**4. Realizar las pruebas de funcionalidad del sistema implementado, actividad que consistió en:**

Definición de la unidad experimental para aplicación de la prueba piloto. La población objetivo son los estudiantes de programas de pregrado Ingeniería de Sistemas y de la Tecnología en Análisis y desarrollo de Sistemas de Información, pertenecientes a las instituciones: Universidad Autónoma de Manizales y Servicio Nacional de Aprendizaje Regional Caldas.

La muestra del proyecto sobre la cual se recolectaron los datos que servirán para evaluar la validez del sistema, fueron estudiantes cuya edad oscila entre los 16 y 20 años. Se llevo a cabo una convocatoria abierta a la cual acudieron 11 hombres y 14 mujeres, en la cual se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

**De inclusión:** Ser estudiante de primer o segundo semestre del programa de Ingeniería de Sistemas o de la Tecnología en Análisis y desarrollo de Sistemas de Información.

**De exclusión:** Estudiantes que presenten algún antecedente relacionado con desordenes cognitivos o algún tipo de condición psiquiátrica.

**Condiciones éticas:** El estudiante se citará con 3 días de antelación para la realización de la prueba y se le explicará las medidas básicas para someterle a la prueba. Tales como:

- Evitar tomar bebidas con cafeína (café, Coca-Cola, bebidas energéticas, entre otras) las 12-8 horas antes de la prueba
- El día antes de la prueba no usar acondicionador, gel u otros cosméticos capilares.
- El examen se llevará a cabo en una habitación donde el estudiante deberá permanecer sentado entre 3 y 5 minutos que dura el protocolo de estimulación y se procederá a ubicar el EEG en la cabeza, el cual tiene 16 electrodos que se adhieren en el cuero cabelludo. Estos 16 sensores, que ocupan toda la cabeza. Para que conduzcan bien los impulsos eléctricos se utiliza solución salina, así que se recomienda lavar el cabello después de la prueba.

- Una vez puesto el EEG, se le pedirá al estudiante que se concentre en las imágenes que se le presentarán por el monitor de la habitación.
- Durante toda la prueba el estudiante estará vigilado por el grupo de investigación del presente proyecto, en una habitación contigua, así no influirá en la prueba.
- Durante la presentación del protocolo se registrará la actividad eléctrica cerebral de reposo.
- Para detectar la actividad eléctrica cerebral correspondiente a estímulos visuales se presenta un protocolo de estimulación, que contiene videos relacionadas con el área de mayor y menor interés según resultados de la prueba de Kuder.
- Adicionalmente, se utilizarán algoritmos clasificadores gesto-emoción y técnicas de visión por computadora como canal externo del análisis multimodal, encargados del seguimiento e identificación de rostros en imágenes analizadas en tiempo real. Una vez se tiene identificado el rostro, se procede a ubicar 33 puntos clave distribuidos entre las cejas, los ojos, los labios y la nariz. Dicho sistema consiste en una plataforma de hardware (Computador, video cámara).
- Los datos de video o imagen que se recolectan se utilizarán para verificar las expresiones faciales y con ellas determinar el estado emocional que el entrenado experimenta con el uso del sistema. Durante la intervención se le mostraran videos a la persona orientadas al estímulo cognitivo.

***Responsabilidad del participante y precauciones:*** Al participar en este estudio es importante que usted tenga en cuenta las siguientes responsabilidades y recomendaciones:

- ***Antes de la investigación:*** Acudir a las reuniones de información a las que sea invitado.
- ***Durante la investigación:*** no participar de otras intervenciones de estimulación cognitiva.
- ***Riesgos e incomodidades:*** Participar de la intervención con potenciales evocados relacionados a eventos emocionales, representa un riesgo mínimo para la salud e integridad de los participantes.

**Autorización para uso de los datos:** El estudiante participante autorizo que los datos y el video obtenidos en este estudio puedan ser utilizados en ésta y en futuras investigaciones, todo dentro de absoluta confidencialidad y previa autorización del comité de Bioética en la Universidad Autónoma de Manizales.

Las pruebas del sistema se conforman de 5 fases, las cuales se relacionan a continuación:



### **1. Diligenciamiento de la prueba de Kuder:**

**Duración:** Tiempo estimado 40 – 60 minutos

**Cantidad de preguntas:** 168, se muestra una pregunta por página.

**Total de actividades agrupadas:** 504 actividades, agrupadas de tres en tres.



### **2. Evaluación de la prueba de Kuder:**

Para la evaluación del perfil de preferencias vocacionales, se realiza la verificación de los resultados obtenidos, donde la prueba se puede clasificar como válida, dudosa o no válida. A continuación, se muestran las plantillas de evaluación por área de interés que se utilizaron, de acuerdo con los grupos de actividades que incluye la prueba de Kuder.

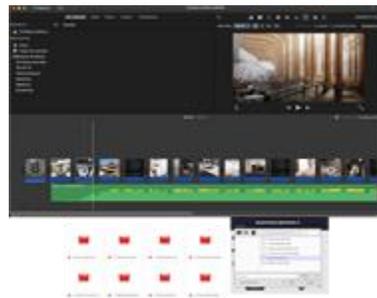
**3. Selección de protocolos** por área de interés según resultados de la prueba de Kuder  
Definición de Parámetros para el análisis del RFE, PREs.

### ***Factores del Análisis Multimodal de Emociones.***

Bimodalidad: Potenciales relacionados a eventos durante la presentación de un protocolo que contiene videos e imágenes de estimulación visual.

Toma I: Canal externo para el RFE.

Toma II: Canal interno para el análisis de potenciales relacionados a eventos de estimulación visual, utilizando el dispositivo móvil EEG cuya referencia es Emotiv EPOC+.



***Definición del protocolo de estimulación emocional*** Se definieron los potenciales relacionados a eventos cognitivos y emocionales referentes a programas de pregrado que oferta la UAM y los programas de formación titulada para el trabajo que oferta el SENA, específicamente en el Centro de Procesos Industriales y Construcción de la ciudad de Manizales.

La duración de la aplicación del protocolo no demoro más de 3 minutos, evitando que los estudiantes se fatigaran o desconcentraran.

- i. El protocolo contenía imágenes o videos cortos correspondientes a los programas ofertados por la UAM y el SENA.
- ii. Se realizó la búsqueda de imágenes y videos que representan de manera muy fidedigna el que hacer de cada profesión referente a los programas por la UAM y el SENA.

#### ***4. Uso de la herramienta:***

- a. Para la aplicación de los protocolos
- b. Monitoreo de emociones con Afectiva
- c. Monitoreo de emociones con Emotiv



***Plan de análisis de los datos obtenidos:*** En coherencia con el planteamiento de la propuesta, se determinan los parámetros y los factores que se van a contrastar con las pruebas experimentales: Analizar la correlación de la valencia y el compromiso entre el EEG y Afectiva.

***Entregables de la fase***

***Ver anexos: Código fuente***

#### ***IV. Fase de Transición***

El software queda disponible para que las unidades de bienestar del estudiante lo puedan utilizar tanto en la Universidad Autónoma de Manizales y en la Universidad Nacional.

## 8 RESULTADOS

Los resultados serán presentados de conformidad con las fases establecidas en la metodología:

**Fase de inicio:** Como ya se expresó, en esta fase se realizó la comprensión del problema de investigación desde la perspectiva computacional, para ello se realizaron los requerimientos funcionales del sistema. Para el levantamiento de estos requerimientos se realizaron casos de uso. El desarrollo de la herramienta quedó determinado mediante 17 casos de uso que se presentan en la 11:

**Tabla 11. Requerimientos funcionales del sistema**

REQUERIMIENTO	PRIORIDAD	DESCRIPCIÓN DE REQUERIMIENTO
REQ-01	5	Gestionar protocolos de estimulación emocional
REQ-02	5	Grabar el rostro del estudiante en tiempo real
REQ-03	5	Identificar de los puntos de referencia que modelan el comportamiento de las expresiones faciales
REQ-04	2	Clasificar en un rango de edades, la edad identificada del estudiante.
REQ-05	1	Clasificar de la etnia identificada en el estudiante, en caso contrario mostrar "Indefinido"
REQ-06	2	Clasificar el género identificado en el estudiante, en caso contrario mostrar "Indefinido"
REQ-07	1	Clasificar el uso de gafas de sol en el rostro del estudiante
REQ-08	5	Identificar las seis emociones básicas (alegría, tristeza, rabia, miedo, repudio, sorpresa)
REQ-09	5	Identificar intensidad emocional durante la presentación del protocolo
REQ-10	5	Generar y exportar archivo con el análisis emocional del estudiante.
REQ-11	4	Identificar la emoción más predominante una vez finalice el análisis unimodal de emociones.
REQ-12	3	Permitir la autenticación del usuario encargado del sistema de análisis multimodal de emociones
REQ-13	5	Gestionar estudiantes de pregrado de la UAM.
REQ-14	4	Generar una gráfica de tiempo del análisis emocional cada 9 fotogramas por segundo de grabación.
REQ-15	5	Almacenar el registro histórico de las emociones reconocidas durante presentación del protocolo.
REQ-16	5	Calcular el promedio de intensidad por cada emoción por el tiempo de duración del protocolo.
REQ-17	5	Correlacionar resultados del FER con señales fisiológicas del EEG.

Conforme a la tabla anterior se elaboró el diagrama de casos de uso que se presenta en la Figura 17. En este gráfico define las funcionalidades del sistema para cada módulo y la interacción que el usuario tiene con estos módulos, en este caso el rol de usuario fue denominado “Bienestar del estudiante UAM”

Cada uno de estos casos fueron descritos como se presenta a continuación:

IDENTIFICADOR	REQ-01
REQUERIMIENTO	El sistema deberá permitir la presentación de diferentes protocolos de estimulación emocional previamente definidos por el área de bienestar.
DESCRIPCIÓN	Se definirá una serie de estímulos audiovisuales que podrán presentarse en la interfaz gráfica del usuario, referentes al programa de formación del estudiante.
ENTRADAS	Protocolos de estimulación audiovisual.
SALIDAS	Reproducción del estímulo audiovisual

Los demás casos de uso se agregaron en el [anexo 1](#)

**Figura 17. Diagrama de casos de uso**



El diagrama anterior da soporte al diseño del sistema, permitiendo desarrollar la planeación de las fases siguientes donde se desarrolló el diseño de las interfaces, la construcción de cada módulo y su respectiva verificación.

**Fase de elaboración:**

Para el cumplimiento de esta fase se elaboró el plan de trabajo por cada objetivo, ver Tabla 10. Plan de trabajo fase de elaboración metodología RUP.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se establecieron las actividades a desarrollar para cada objetivo. En esta fase de planeación fue fundamental desagregar cada objetivo de esta manera para evitar riesgos en la realización del proyecto.

En esta fase se completaron las interfaces de usuario del sistema. Estas interfaces fueron probadas mediante pruebas de caja negra con la técnica de partición equivalente. A continuación, se presentará los resultados de estas pruebas para la interfaz denominada registro de estudiante. Las pruebas para las otras interfaces se compilan en el [anexo 2](#).

**SEGUNDA INTERFAZ: UI\_RegistroEstudiante**

**USUARIO: Encargado proceso de Orientación Vocacional.**

Esta interfaz permite la gestión de datos personales de Estudiantes de Programas de Pregrado de la UAM considerando todos los programas ofertados por la Institución. Campos para tener en cuenta:

a. **Nombre(s)**

Campo texto

- Válida entre 3 y 25 caracteres.
- Valida que no hubiese ingresado caracteres especiales o números.

b. **Apellido(s)**

Campo texto

- Válida entre 3 y 25 caracteres.
- Valida que no hubiese ingresado caracteres especiales o números.

c. **Tipo de documento:**

Lista desplegable con las opciones:

- C.C.: Cedula de ciudadanía;
- T.I.: Tarjeta de Identidad;
- C.I.: Cédula de Identidad;
- C.E.: Cédula Extranjera;
- D.N.I: Documento Nacional de Identidad.

d. **Edad:**

Campo numérico.

- Valida que el número ingresa tenga dos dígitos, ni más ni menos.
- No permite el ingreso de texto o caracteres especiales

e. **Género:**

Radio Buttons

- F: Femenino;
- M: Masculino.

f. **Gafas:**

Radio Buttons

- Si: Utiliza gafas;
- No: No utiliza gafas;

Figura 18. Interfaz registro de estudiante

**TÉCNICA PARTICIÓN EQUIVALENTE: Validación campos UI\_RegistroEstudiante**

a. Particiones de la variable **nombreEstudianteUAM** (6\*2)

<i>Variable Entrada</i>		<i>nombreEstudianteUAM</i>	
N.º	Valido/No valido	Formato	
		Cantidad de caracteres	Alfanumérico
1	Válido	[Abc, Abcxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx]	Incorrecto
2	No válido	[A01, Abcxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx010]	Correcto
3	No válido	[Ab, Abcxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx]	----
4	No válido	[Abc, Abcxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx]	----
5	No válido	En blanco	----

b. Particiones de la variable **apellidosEstudianteUAM** (6\*2)

<i>Variable Entrada</i>		<i>apellidosEstudianteUAM</i>	
N.º	Valido/No valido	Formato	
		Cantidad de caracteres	Alfanumérico
1	Válido	[Abc, Abcxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx]	Incorrecto
2	No válido	[A01, Abcxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx010]	Correcto
3	No válido	[Ab, Abcxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx]	----
4	No válido	[Abc, Abcxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx]	----
5	No válido	En blanco	----
6	No válido	[0,0]	----
<b>TOTAL</b>		<b>6</b>	<b>2</b>

c. Particiones de la variable **NroDocumentoEstudiante (6 \* 2 \* 3 \* 2)**

<i>Entrada</i>	<i>NroDocumento</i>	<i>Tipo: Integer</i>					
N.º	Válido/N o válido	Formato				Objeto/Variable	
		Cantidad de caracteres	Valores	Númérico	Empleado	Estado	NumeroDocumento
1	Válido	[00000001-0100000000]	En rango	Correcto	Existe	Registrado	Estudiate.NumeroDocumento = NroDocumentoEstudiante
2	Válido	[00000001-0100000000]	En rango	Correcto	Existe	Registrado	Estudiate.NumeroDocumento != NroDocumentoEstudiante
3	No válido	[00000001-0100000000]	En rango	Correcto	Existe	Inactivo	Estudiate.NumeroDocumento = NroDocumentoEstudiante
4	No válido	“ ”	En rango	Correcto	No existe en la BD	No Registrado	Estudiate.NumeroDocumento != NroDocumentoEstudiante
5	No válido	“ ”	En rango	Incorrecto	-----	-----	-----
6	No válido	“ ”	Fuera del rango	-----	-----	-----	-----
7	No válido	< 000001, > 010000	-----	-----	-----	-----	-----
8	No válido	En blanco	-----	-----	-----	-----	-----
9	No válido	0	-----	-----	-----	-----	-----
<b>TOTAL</b>	<b>4</b>		<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>

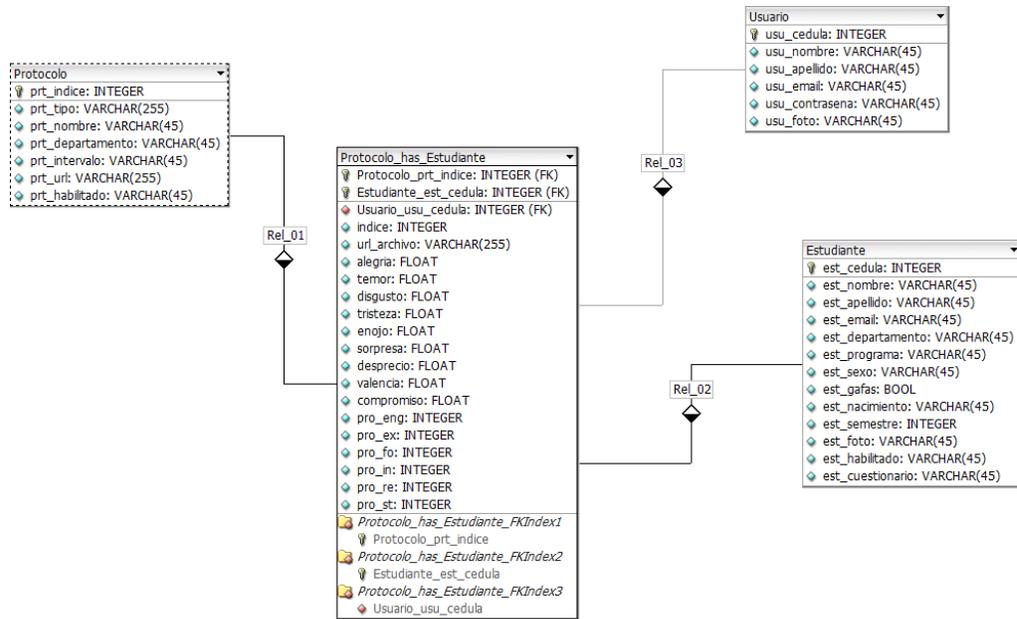
d. Particiones de la variable edadEstudiante (6 \* 2 \* 2)

<i>Variable Entrada</i>		<i>edadEstudiante</i>			
N.º	Valido/No valido	Formato			
		Cantidad de caracteres	Número	Carácter especial	Alfanumérico
1	Válido	[01,10]	Verdad	Falso	Falso
2	No válido	[01,10]	Verdad	Falso	Verdad
3	No válido	[01,10]	Verdad	Verdad	-----
4	No válido	[01,100]	-----	-----	-----
5	No válido	[1,10]	-----	-----	-----
6	No válido	0	-----	-----	-----
7	No válido	En blanco	-----	-----	-----
8	No válido	[01 & “ “ & 10]	-----	-----	-----
<b>TOTAL</b>			<b>6</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
					<b>2</b>

VARIABLE/FACTOR		OBJETO	TIPO	PARTI CIÓN	PARTICIÓN 1	PARTICIÓN 2	PARTICIÓN 3	PARTICI ÓN 4	PARTICI ÓN 5	PARTICI ÓN 6	TOT AL
TIPO											
Parámetro	nombreEstudianteUAM		Integer	5	[Abc, Abcxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx]	[Ab, Abcxxxxxxxxxxxxxxxxxxx]	[Abc, Abcxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx]	[Ab0, Abcxxxxxx xxxxxxxxxxxx0 0000]	0, 0	NULL	6
Parámetro	apellidoEstudianteUAM		Integer	5	[Abc, Abcxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx]	[Ab, Abcxxxxxxxxxxxxxxxxxxx]	[Abc, Abcxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx]	[Ab0, Abcxxxxxx xxxxxxxxxxxx0 0000]	0, 0	NULL	6
Parámetro	ContraseñaEncargado		Integer	6	1, Ab001	0, 00001	0, Ab0100	0, ab001	0, 0	NULL	6
Parámetro	NroDocumentoEmpleado		Integer	4	7.000.000, 1'060.999.999	6.999.999, 1'070.000.000	0, A.000.001	0,10'600.000.000	0, 0	NULL	6
Parámetro	NroDocumentoConsejero		Integer	4	7.000.000, 1'060.999.999	6.999.999, 1'070.000.000	0, A.000.001	0, 10'600.000.000	0, 0	NULL	6
Parámetro	edadEstudianteUAM		Integer	4	15,68	15,1	9,68	x5,68	0	NULL	3
ESTADO	Estudiante.nombreEstudiante anteUAM		Estudiante	2	Cliente.CVV = CVV	Cliente.CVV != CVV					2
ESTADO	EncargadoSistema.NumeroDocumento		Encargado Sistema	2	Empleado.Nro_doc = Nro_doc Empleado	Empleado.Nro_doc != NroDocumentoEmpleado					2
ESTADO	Estudiante.NumeroDocumento		Estudiante	2	Empleado.Nro_doc = Nro_docEmpleado	Empleado.Nro_doc != Nro_documentoEmpleado					2
ESTADO	EXISTE	Estudiante		2	Existe	No existe					2
ESTADO	EXISTE	Encargado Sistema		2	Existe	No existe					2



Figura 20. Modelo de base de datos



Estos resultados completan la fase de diseño del sistema y se procede a la siguiente fase:

### **Fase de construcción:**

El principal resultado de esta fase es la codificación de los diferentes módulos. El proyecto y archivos generados por este sistema están almacenados en el repositorio público de GitHub:

<https://github.com/YanethM/An-lisisMultimodalEmocionesUAM.git>

Para las pruebas funcionales del sistema se implementaron las plantillas de calificación por áreas de interés para la prueba de Kuder y la plantilla para determinar la validez en la presentación de la prueba. Cabe aclarar que la prueba de Kuder está formulado para ser aplicado y valorado a lápiz y papel. Sin embargo, para este proyecto era preciso tener una versión digital que permitiera la correlación con los sistemas de valoración de emociones. Finalmente, la implementación de estas plantillas de evaluación se realizó en Excel. Los datos que alimentan las plantillas son exportados por el sistema de análisis de emociones. Luego, los datos se organizan para sus respectivos análisis.

### **Pruebas de funcionamiento:**

Las pruebas de funcionamiento de la herramienta se llevaron a cabo con personas reales conforme a los criterios de inclusión y exclusión. Estas pruebas permitieron la valoración de variables cualitativas y cuantitativas, que resultan del RFE y de las ondas electrofisiológicas de los PREs y de la prueba de Kuder. Los estudiantes que participarán del procedimiento fueron considerados como sujetos de investigación, en caso tal que el estudiante no diera su consentimiento informado no se tuvo en cuenta en la aplicación de dichas pruebas.

A continuación, se presentarán evidencias de los módulos del sistema y sus respectivas funcionalidades:

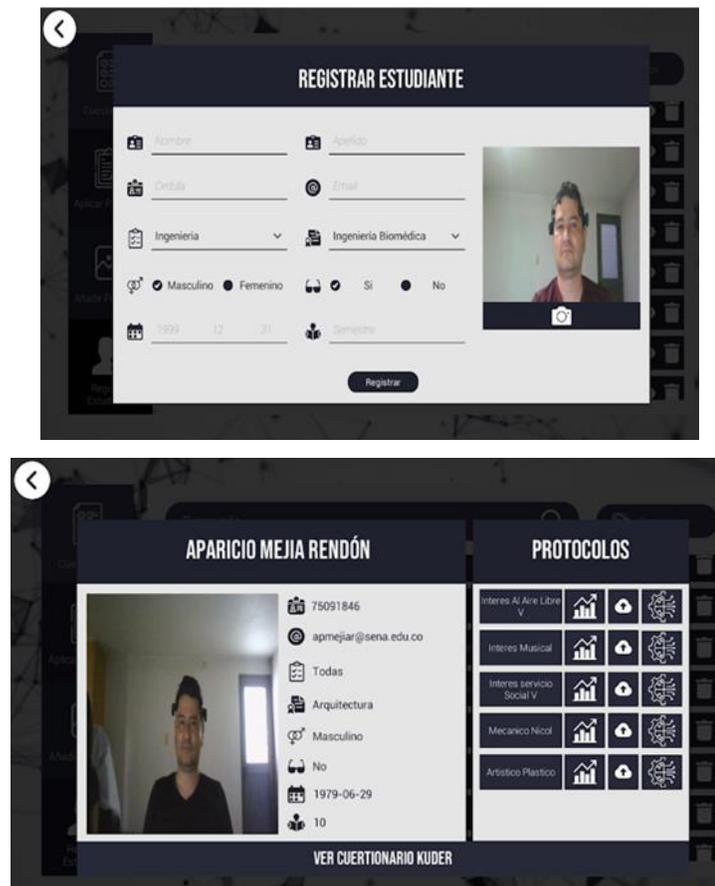
#### ***1. Registro de los datos personales del estudiante participante en la prueba.***

Se recolecto el nombre, tipo y número de documento, correo electrónico, departamento académico, programa de formación, género, si utiliza o no gafas en el momento de la

prueba, fecha de nacimiento, semestre en curso y se realizó captura de una foto de perfil.

Figura 21

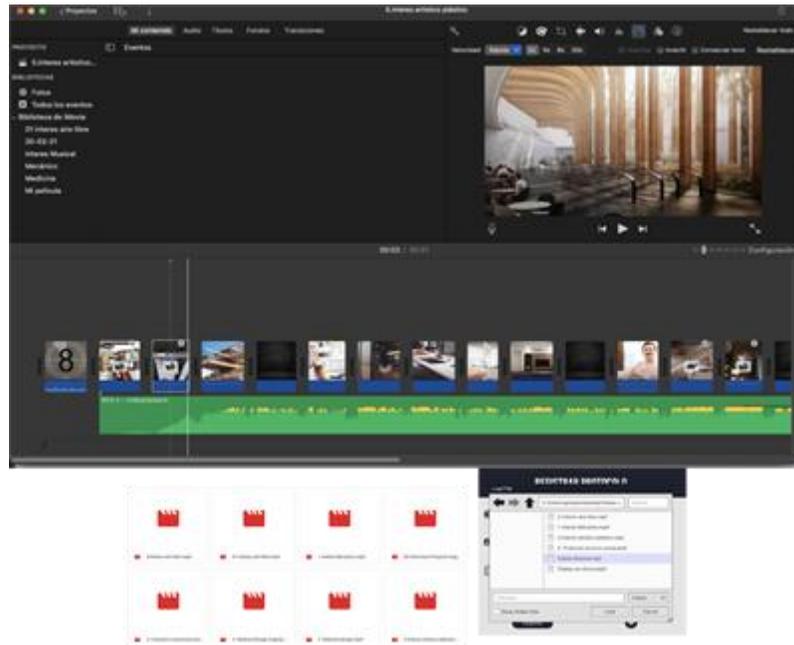
Figura 21. Módulo de gestión del estudiante.



## 2. Construcción del protocolo de estimulación visual

Se generaron los protocolos de estimulación visual con base en los resultados obtenidos en la prueba de Kuder. El protocolo puede contener imágenes y videos de actividades asociadas a cada una de las profesiones que conforman las 10 áreas de interés. La duración del video es variable ya que depende de la cantidad de profesiones que abarca, por ejemplo, un área que contempla 7 profesiones tendrá una duración correspondiente a 70 segundos, dedicando 10 segundos del video a cada profesión. Figura 22.

**Figura 22. Construcción protocolo por área de interés.**



i. Se integro el módulo para la gestión de protocolos por área de interés. Al momento de crear un protocolo, se permite el cargue de imágenes y de videos, los cuales se muestran según el tiempo de duración total con el que se define el protocolo. Figura 232.

**Figura 23. Registro del protocolo en el sistema de análisis de emociones.**

A los protocolos se les puede editar el nombre y el contenido, o en su defecto se puede eliminar el protocolo. Figura 24.

Figura 24. Historial de protocolos registrados en el sistema.



### 3. Construcción del módulo de preferencias vocacionales de la prueba de Kuder

i. Se registraron las actividades agrupadas de tres en tres, validando en cada grupo de preguntas que el estudiante sólo hubiese seleccionado una actividad en la columna de más le gusta y menos le gusta. Figura 25.

Figura 25. Cuestionario Test de Kuder

### INSTRUCCIONES

Este formulario tiene por objeto ayudarle a descubrir sus preferencias vocacionales. No se trata de un examen; aquí no hay respuestas exactas o inexactas. Toda respuesta que refleje fielmente su modo de pensar es una buena respuesta.

En cada una de las páginas hay una serie de actividades, reunidas en grupo de tres. Lee primero las tres actividades que forman cada grupo. Luego decida cuál de las tres le gusta más y marque la respuesta en la columna de "Me gusta". Luego decida cuál de las tres actividades le gusta menos y marque la respuesta en la columna de "No me gusta", siempre quedará una respuesta sin marcación por cada grupo.

En el ejemplo que aparece a continuación, la persona que contestó el formulario indicó, en el primer grupo de tres actividades, que le gustaba más visitar un museo y, en cambio, le gustaba menos hojear libros y revistas en una librería:

[Comenzar](#)

### CUESTIONARIO - KUDER

	ME GUSTA	NO ME GUSTA
Observar personas cuando está de viaje	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Observar los paisajes cuando está de viaje	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Observar los cultivos cuando está de viaje	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>

[Atras](#) [Sigüente](#)

Para la elaboración de sistema de valoración de la prueba de Kuder se utilizaron las plantillas corresponden a cada una de las áreas de interés que se evalúan y relacionan las preguntas que corresponden a cada área evaluada.

Figura 26. Plantilla área de interés 0 y 1

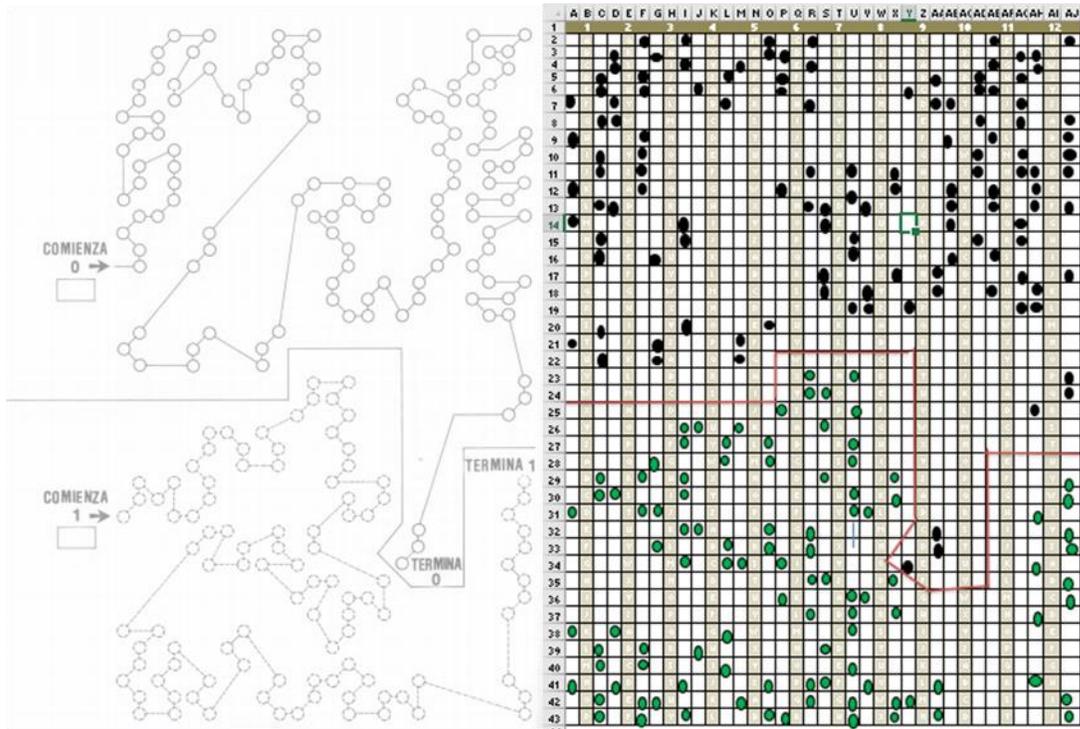


Figura 27. Plantilla área de interés 2 y 3

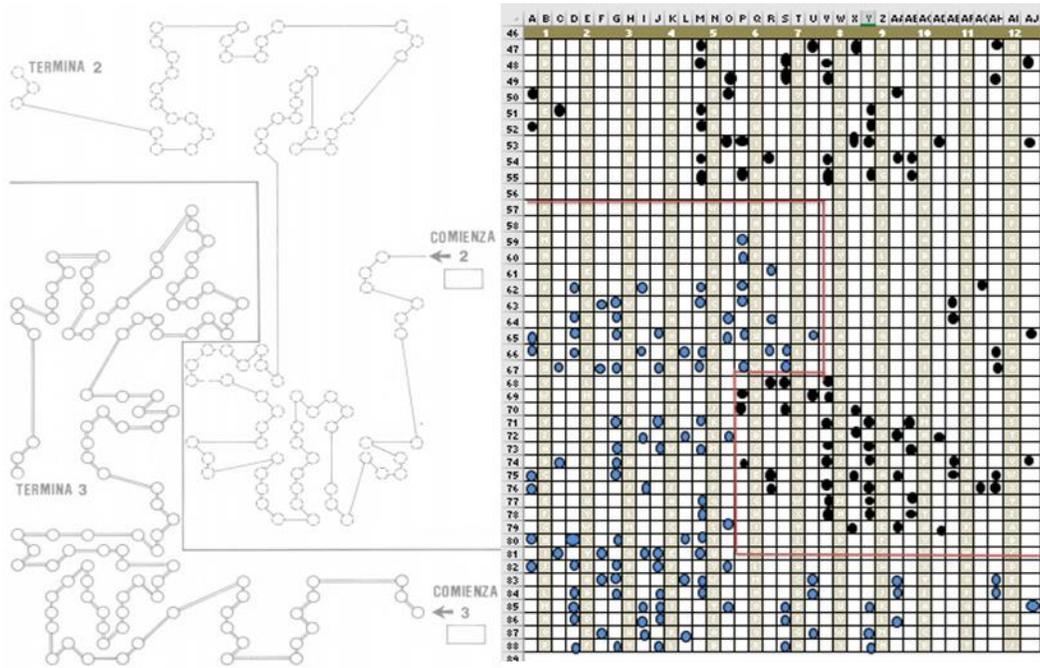


Figura 28. Plantilla área de interés 4 y 5

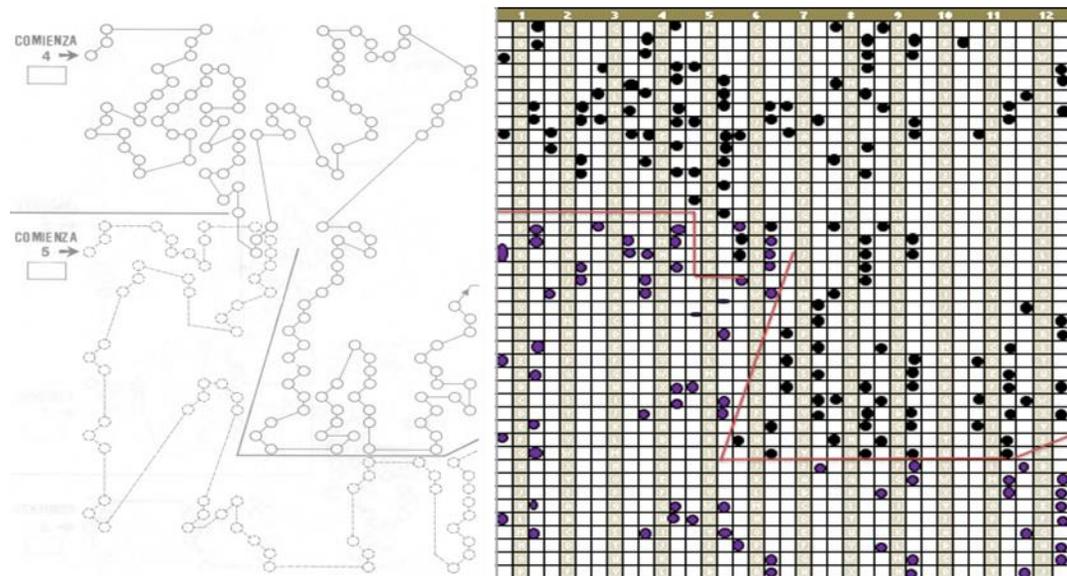


Figura 29. Plantilla área de interés 5,6 y 7

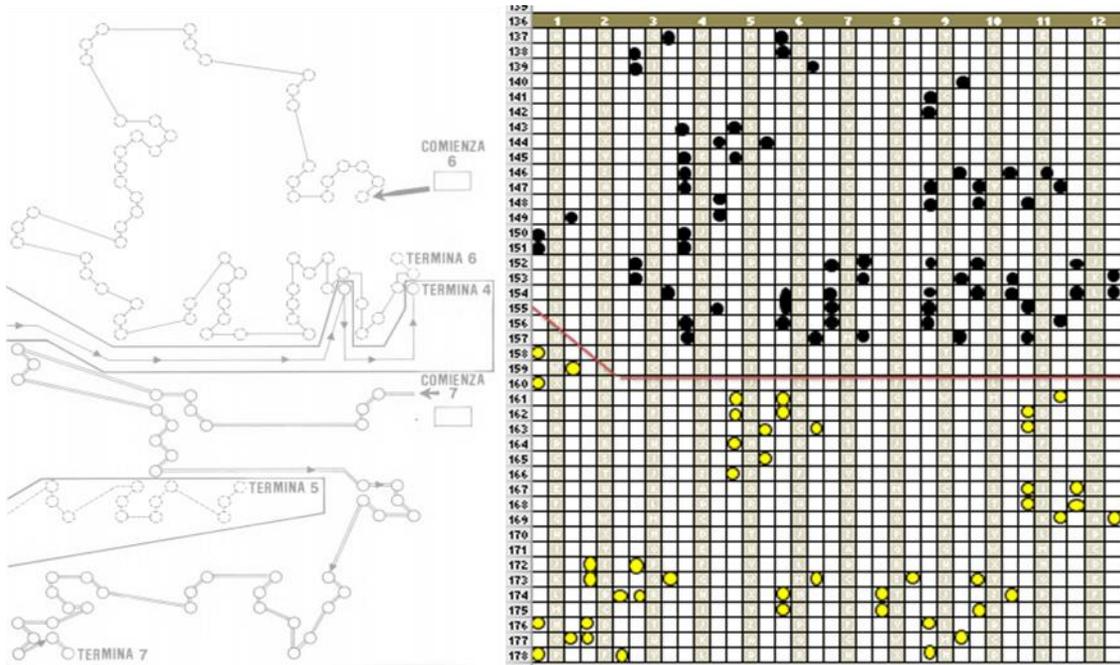


Figura 30. Plantilla área de interés 8.

Figura 31. Plantilla área de interés 9

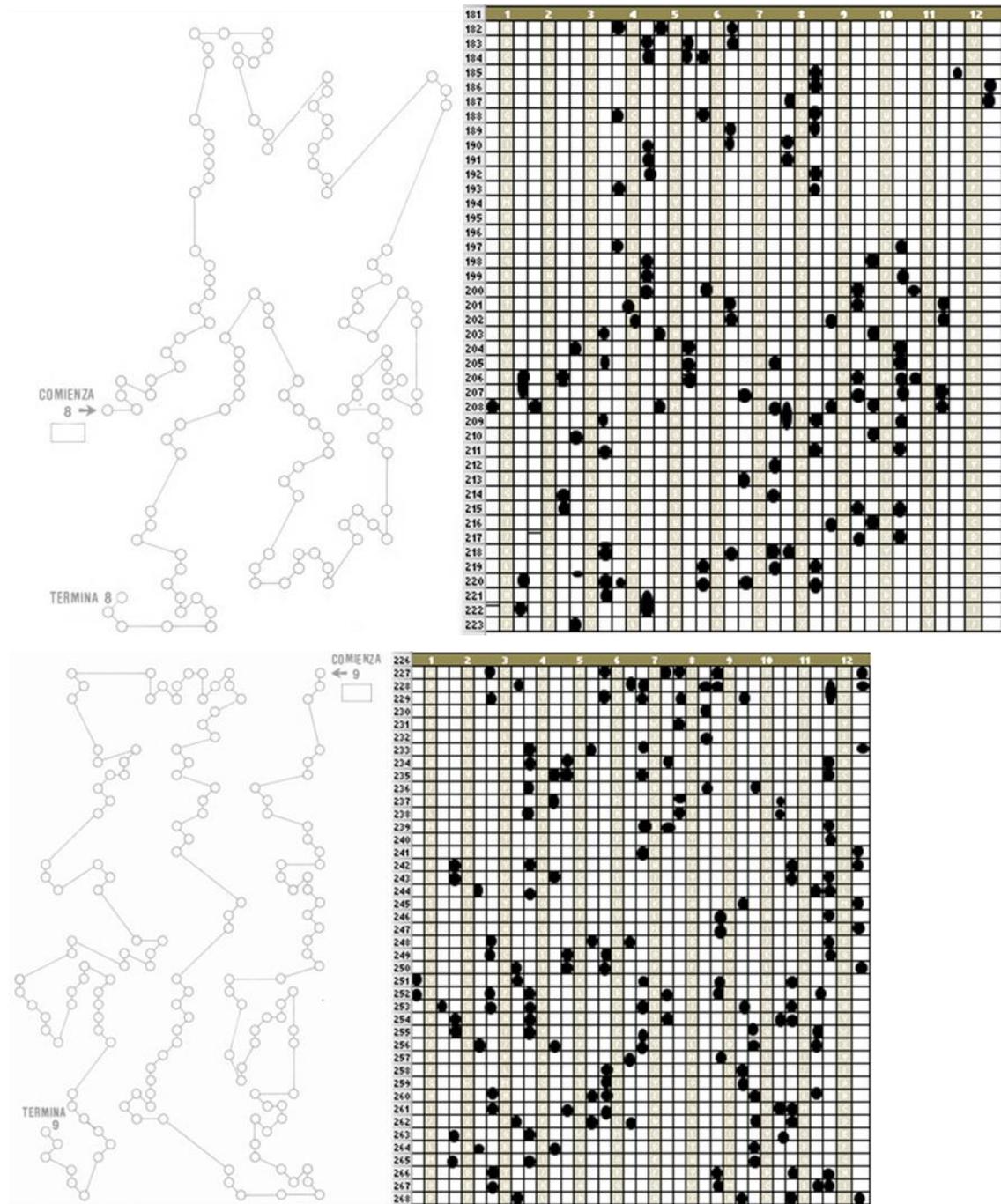
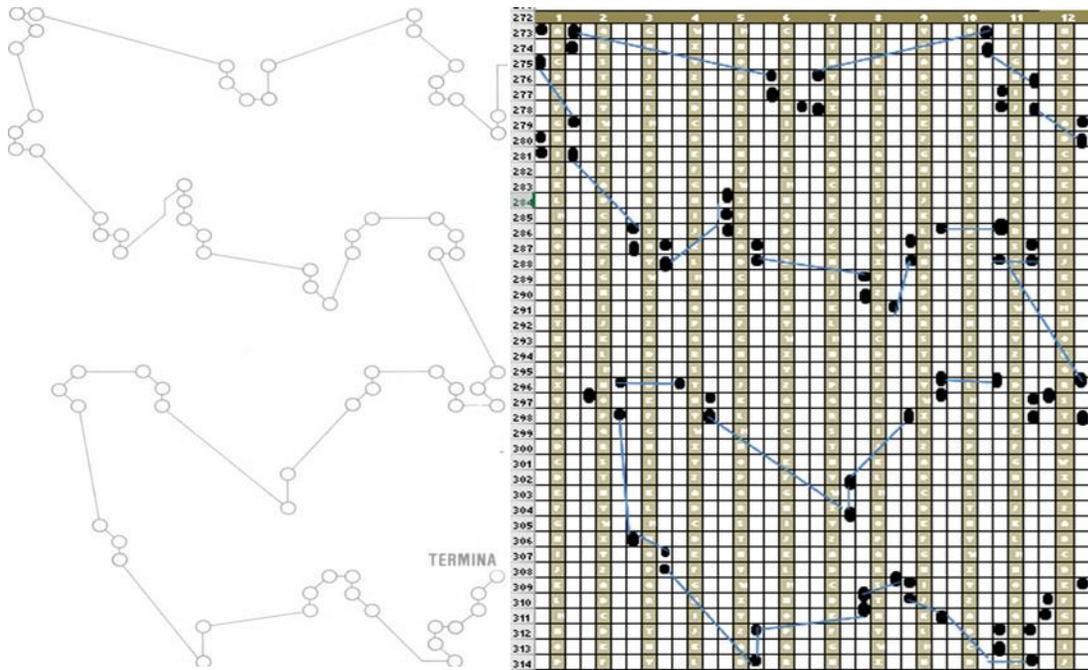


Figura 32. Plantilla validez aplicación Prueba de Kuder



De acuerdo con los puntos que se ubicaron en el excel con base en la información que suministran las plantillas físicas, se realiza un conteo únicamente de las celdas que contienen texto, correspondientes a las respuestas que brinda el encuestado en el sistema. Una vez se genera el excel, se asigna “x” en las celdas que el encuestado respondió como actividad que le gusta o no le gusta.

En la Figura 33 se muestra la función CONTARA(), la cual pertenece al grupo de funciones estadísticas de excel y cuenta aquellas celdas que no se encuentran vacías.

Al finalizar, de cada serie correspondiente a las 10 áreas de interés, se obtiene el total de celdas que fueron marcadas por el encuestado referente a grupos de actividades relacionadas con el área evaluada. Dicho puntaje obtenido por cada serie, se busca en la tabla de percentiles tanto del hombre como de la mujer. Es importante aclarar, que dependiendo del género del encuestado, la distribución de los percentiles cambia. Para agilizar el proceso de búsqueda de los valores en la tabla, se utilizó formato condicional. Figura 34.

Figura 33. Evaluación por área de interés prueba de Kuder

ÁREA	FÓRMULA
0 Interés para el trabajo al aire libre	<p><b>Fórmula:</b></p> <p>=CONTARA(\$F\$2:\$I\$2:\$O\$2:\$R\$2:\$AE\$2:\$AJ\$2:\$D\$3:\$D\$4:\$G\$3:\$O\$3:\$P\$3:\$AG\$3:\$AH\$3:\$I\$4:\$M\$4:\$R\$4:\$AE\$4:\$AH\$4:\$C\$5:\$C\$6:\$F\$5:\$F\$6:\$L\$5:\$P\$5:\$AA\$5:\$AD\$5:\$AD\$6:\$AG\$5:\$A\$7:\$D\$7:\$D\$8:\$J\$6:\$P\$6:\$Y\$6:\$AE\$6:\$L\$7:\$R\$7:\$AA\$7:\$AB\$7:\$AG\$7:\$C\$8:\$A\$9:\$AD\$8:\$AG\$8:\$AJ\$8:\$AJ\$11:\$AB\$9:\$AE\$9:\$AD\$10:\$AD\$11:\$F\$9:\$F\$12:\$C\$10:\$C\$11:\$R\$11:\$U\$11:\$U\$12:\$X\$11:\$X\$12:\$U\$19:\$V\$19:\$AG\$11:\$AH\$11:\$AH\$12:\$AH\$13:\$A\$12:\$AE\$12:\$AE\$13:\$AG\$10:\$AH\$10:\$AB\$12:\$AB\$14:\$C\$13:\$D\$13:\$P\$12:\$R\$13:\$S\$13:\$V\$13:\$U\$15:\$U\$16:\$S\$14:\$S\$17:\$S\$18:\$I\$14:\$I\$15:\$C\$15:\$C\$16:\$A\$14:\$G\$16:\$V\$18:\$X\$17:\$Y\$19:\$AA\$17:\$AA\$18:\$AB\$16:\$AD\$15:\$AE\$16:\$AG\$14:\$AG\$15:\$AE\$18:\$AG\$17:\$AG\$19:\$AH\$19:\$AH\$18:\$AJ\$17:\$AJ\$13:\$O\$20:\$I\$20:\$G\$21:\$G\$22:\$M\$21:\$M\$22:\$C\$20:\$C\$22:\$A\$21:\$AJ\$23:\$AJ\$24:\$AA\$32:\$AA\$33:\$AH\$25:\$Y\$34)</p>
1 Interés Mecánico.	<p><b>Fórmula:</b></p> <p>=CONTARA(\$R\$23:\$R\$24:\$U\$23:\$P\$25:\$S\$24:\$U\$25:\$S\$26:\$U\$27:\$U\$28:\$S\$29:\$U\$30:\$U\$31:\$V\$31:\$X\$29:\$X\$30:\$O\$27:\$O\$28:\$M\$26:\$L\$27:\$L\$28:\$I\$26:\$I\$27:\$I\$29:\$I\$30:\$A\$31:\$C\$29:\$C\$30:\$F\$31:\$G\$31:\$D\$30:\$F\$29:\$G\$28:\$J\$26:\$I\$32:\$J\$32:\$G\$33:\$L\$33:\$L\$34:\$I\$34:\$M\$34:\$O\$32:\$O\$33:\$R\$32:\$R\$33:\$P\$34:\$P\$36:\$R\$35:\$S\$35:\$R\$37:\$U\$36:\$U\$38:\$X\$37:\$V\$36:\$X\$35:\$A\$38:\$C\$39:\$C\$40:\$D\$38:\$F\$39:\$F\$40:\$A\$29:\$AJ\$30:\$AH\$31:\$AJ\$32:\$AJ\$33:\$AH\$34:\$AJ\$35:\$AJ\$36:\$AH\$37:\$AH\$41:\$AJ\$42:\$AJ\$43:\$AA\$43:\$AA\$41:\$X\$42:\$Y\$42:\$V\$41:\$U\$42:\$U\$43:\$O\$43:\$P\$43:\$X\$43:\$I\$43:\$F\$42:\$F\$43:\$C\$42:\$C\$43:\$R\$41:\$R\$42:\$U\$40:\$S\$41:\$L\$38:\$J\$39:\$I\$41:\$L\$40:\$M\$42:\$O\$41:\$G\$42:\$A\$41:\$D\$41:\$S\$39)</p>
2. Interés para el cálculo	<p><b>Fórmula:</b></p> <p>=CONTARA(\$A\$5:\$C\$6:\$A\$7:\$M\$2:\$M\$3:\$M\$6:\$M\$7:\$M\$9:\$M\$10:\$O\$4:\$O\$5:\$O\$8:\$P\$8:\$S\$3:\$S\$4:\$V\$3:\$V\$4:\$S\$2:\$X\$2:\$AH\$2:\$AH\$4:\$AJ\$3:\$R\$9:\$P\$10:\$V\$9:\$V\$10:\$Y\$6:\$Y\$8:\$X\$8:\$AA\$9:\$AB\$9:\$AD\$8:\$Y\$10:\$AB\$10:\$AE\$18:\$AE\$19:\$AG\$17:\$AA\$5:\$AH\$21:\$AH\$22:\$AJ\$20:\$AH\$30:\$AH\$31:\$AJ\$29:\$AG\$31:\$AE\$29:\$AE\$30:\$AD\$34:\$X\$34:\$AA\$34:\$AB\$32:\$AB\$33:\$V\$31:\$V\$33:\$Y\$31:\$Y\$33:\$X\$30:\$R\$30:\$R\$31:\$P\$29:\$V\$28:\$V\$29:\$V\$23:\$V\$24:\$P\$24:\$P\$25:\$S\$25:\$R\$23:\$S\$23:\$U\$24:\$X\$25:\$V\$26:\$X\$27:\$AD\$27:\$AB\$26:\$AA\$27:\$Y\$28:\$Y\$29:\$AA\$30:\$AB\$28)</p>
3. Interés científico	<p><b>Fórmula:</b></p> <p>=CONTARA(\$P\$14:\$P\$15:\$R\$16:\$P\$17:\$P\$18:\$M\$17:\$M\$18:\$I\$17:\$D\$17:\$A\$20:\$A\$21:\$D\$19:\$D\$21:\$F\$18:\$G\$18:\$G\$19:\$G\$20:\$J\$20:\$O\$19:\$O\$20:\$R\$19:\$P\$20:\$U\$20:\$R\$21:\$S\$21:\$S\$22:\$P\$22:\$M\$21:\$M\$22:\$J\$22:\$L\$21:\$I\$21:\$I\$22:\$F\$22:\$G\$22:\$C\$22:\$G\$26:\$J\$26:\$M\$26:\$I\$27:\$J\$28:\$L\$27:\$M\$28:\$O\$27:\$G\$28:\$G\$30:\$I\$31:\$A\$30:\$A\$31:\$C\$29:\$M\$32:\$M\$33:\$O\$34:\$A\$35:\$D\$35:\$G\$35:\$L\$35:\$M\$35:\$C\$36:\$F\$36:\$I\$36:\$J\$36:\$M\$36:\$O\$37:\$J\$37:\$A\$37:\$D\$37:\$G\$37:\$G\$39:\$F\$38:\$M\$38:\$M\$39:\$D\$39:\$D\$41:\$I\$40:\$J\$41:\$L\$38:\$J\$39:\$O\$40:\$L\$42:\$F\$42:\$I\$42:\$D\$43:\$G\$43:\$J\$43:\$S\$40:\$S\$41:\$U\$38:\$U\$39:\$S\$43:\$U\$42:\$Y\$42:\$Y\$43:\$AA\$38:\$AA\$39:\$Y\$40:\$AA\$41:\$AH\$38:\$AH\$39:\$AJ\$40)</p>
4 Interés persuasivo	<p><b>Fórmula</b></p> <p>=CONTARA(L11:M9:AA34;V6;C2:C3;A4;G5;I6;G7;F8:F9;C8:C9;A10;F12:F13;D10:D11;J3;J4;L2;L5;M5;O6;O8;L8:L9;L6;J7;I10;J10;G9;I8;R8;R9;S8;S10;U9;O10;O12;P10;L13;M13;J12;M15;O14;O16;V12;X13;X11;V2;X3;X5;AA9:AA10;Y8;AA3;AA4;AB4;AD2;AD3;Y2;AE10;AG8;AG9;AH7;AJ5;AJ6;AA18;AA19;Y17;V17;X18;X21;R17;P18;P19;V22;U23;U24;S25;U26;S27;U28;S29;R32;P33;R34;Y26;AA27;AA29;X29;U30;V30;U31;AA31;AA32;V33;Y33;X31;X32;X34;Y30;AH23;AJ24;AJ25;AG26;AE27;AG28;AG29;AE30;AE32;AG33;AG34;AG31;AJ29;AJ31;AH30)</p>
5. Interés artístico-plástico	<p><b>Fórmula:</b></p> <p>=CONTARA(\$C\$17:\$C\$18:\$A\$19:\$F\$20:\$F\$21:\$D\$22:\$G\$17:\$I\$18:\$I\$19:\$J\$19:\$L\$17:\$L\$18:\$P\$17:\$R\$18:\$R\$20:\$L\$20:\$P\$21:\$J\$21:\$J\$22:\$M\$24:\$O\$23:\$O\$25:\$R\$22:\$C\$26:\$C\$28:\$A\$27:\$C\$32:\$C\$34:\$A\$33:\$J\$31:\$L\$29:\$M\$29:\$L\$30:\$O\$30:\$O\$31:\$C\$38:\$A\$39:\$C\$40:\$J\$40:\$L\$38:\$L\$39:\$O\$38:\$M\$39:\$O\$40:\$P\$41:\$R\$42:\$R\$43:\$Y\$37:\$AA\$35:\$AA\$36:\$Y\$41:\$AA\$42:\$AA\$43:\$AG\$36:\$AG\$37:\$U\$35:\$AJ\$36:\$AJ\$39:\$AH\$40:\$AJ\$41:\$AJ\$42:\$AH\$35:\$AH\$43)</p>

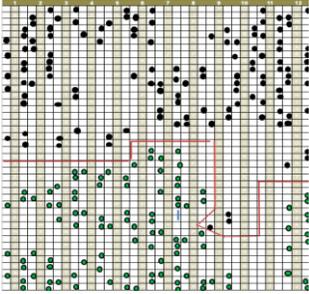
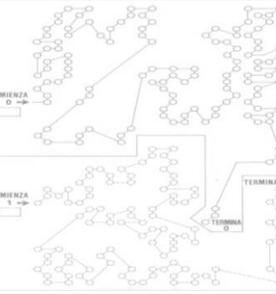
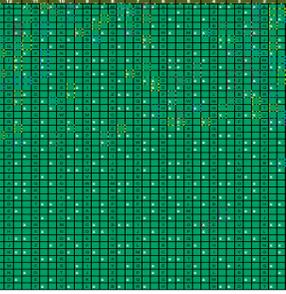
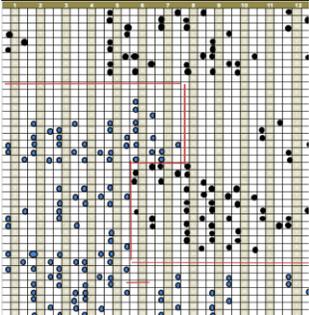
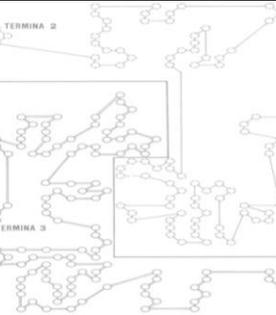
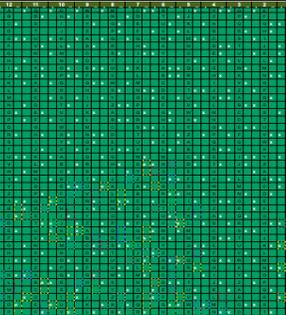
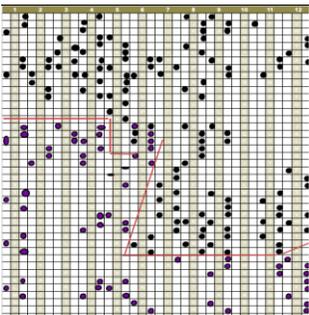
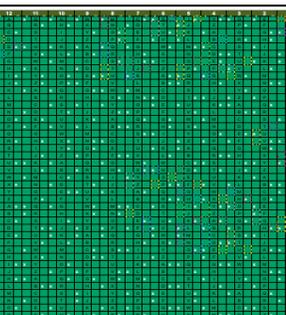
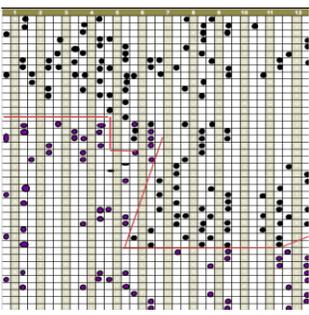
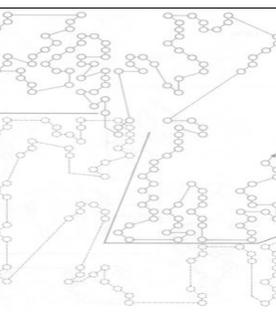
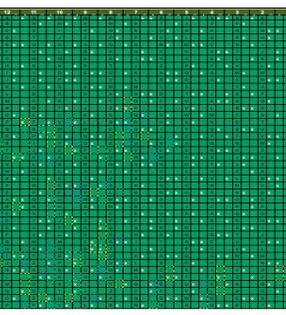
6. Interés literario	<p style="text-align: center;"><b>Fórmula:</b></p> <p>=CONTARA(\$G\$3:\$G\$4,\$I\$2:\$P\$2:\$P\$3,\$R\$4:\$A\$5:\$Y\$6:\$Y\$7,\$M\$8:\$O\$9,\$M\$10:\$L\$9:\$J\$8,\$J\$10:\$J\$11,\$L\$12:\$L\$13,\$J\$14:\$J\$15,\$C\$13:\$A\$14:\$A\$15,\$G\$16:\$G\$17,\$I\$18,\$J\$20:\$J\$21,\$L\$19:\$P\$19:\$P\$20:\$S\$18:\$S\$20:\$S\$16:\$U\$16:\$R\$21:\$U\$21,\$Y\$18:\$Y\$20:\$A\$21,\$Y\$16:\$A\$17,\$A\$16:\$A\$17:\$A\$17:\$A\$18,\$A\$18:\$A\$19:\$A\$21:\$A\$20:\$A\$16:\$A\$17:\$A\$18,\$A\$18,\$Y\$11:\$Y\$12,\$#REF!,\$#REF!,\$A\$11:\$A\$12,\$A\$12,\$A\$11,\$U\$17)</p>
7 Interés musical	<p style="text-align: center;"><b>Fórmula:</b></p> <p>=CONTARA(\$A\$22:\$C\$23,\$A\$24:\$D\$36:\$D\$37,\$A\$40:\$A\$42,\$C\$41:\$D\$41:\$D\$40,\$F\$42:\$F\$38:\$G\$38:\$G\$36:\$I\$37,\$M\$30,\$M\$28,\$M\$25,\$M\$26,\$P\$25:\$P\$26,\$O\$27:\$O\$29:\$R\$27:\$P\$38:\$P\$39:\$R\$37,\$X\$37,\$V\$38:\$V\$39,\$Y\$40,\$Y\$42,\$A\$37,\$A\$39,\$A\$41,\$A\$38,\$A\$31,\$A\$32,\$A\$26,\$A\$27,\$A\$31,\$A\$32,\$A\$33,\$A\$33,\$A\$25)</p>
8 Interés por el servicio social	<p style="text-align: center;"><b>Fórmula:</b></p> <p>=CONTARA(\$J\$2:\$R\$2,\$R\$3:\$O\$4:\$P\$4:\$L\$3:\$L\$4,\$O\$3:\$M\$2:\$X\$5:\$X\$6,\$X\$8:\$X\$9:\$X\$11:\$X\$12:\$V\$10:\$V\$10:\$V\$7,\$A\$H\$5,\$A\$J\$6,\$A\$J\$7,\$R\$9:\$R\$10:\$P\$8,\$L\$9:\$L\$11,\$J\$8,\$J\$12,\$J\$16,\$L\$17,\$L\$19,\$J\$20,\$I\$22,\$G\$23,\$I\$24,\$L\$21,\$M\$22,\$O\$23:\$O\$26:\$P\$19:\$R\$20:\$R\$21,\$A\$19:\$A\$20:\$Y\$21,\$A\$17,\$A\$16,\$A\$18,\$A\$19,\$A\$20,\$A\$21,\$A\$23,\$A\$26,\$A\$22,\$A\$26,\$A\$27,\$A\$25,\$A\$25,\$A\$23,\$A\$28,\$A\$29,\$A\$25,\$A\$26,\$A\$27,\$Y\$27,\$U\$25,\$S\$26,\$U\$27,\$V\$28,\$X\$29,\$X\$30,\$U\$31,\$S\$32,\$U\$33,\$A\$34,\$A\$36,\$X\$38,\$X\$39,\$A\$34,\$A\$35,\$Y\$35,\$A\$36,\$U\$37,\$V\$37,\$R\$37,\$U\$38,\$S\$39,\$P\$39:\$P\$39,\$L\$41,\$L\$42,\$I\$40,\$J\$40,\$I\$37,\$I\$38,\$G\$39,\$I\$41,\$G\$42,\$C\$40,\$D\$36,\$F\$34,\$F\$35,\$F\$25,\$F\$26,\$D\$27,\$C\$25,\$C\$26,\$A\$27,\$M\$27,\$I\$28,\$G\$29,\$I\$30,\$C\$42,\$A\$41)</p>
9 Interés por el trabajo de oficina	<p style="text-align: center;"><b>Fórmula:</b></p> <p>=CONTARA(\$G\$2:\$I\$3:\$G\$4:\$P\$2:\$R\$3:\$S\$3:\$U\$2:\$V\$2:\$Y\$2:\$Y\$3:\$A\$J\$2:\$A\$J\$3,\$A\$H\$4:\$A\$A\$4:\$P\$4:\$S\$4:\$V\$4:\$X\$3:\$X\$5:\$V\$6:\$X\$7,\$S\$8:\$U\$9:\$S\$10,\$O\$8:\$L\$10:\$M\$10:\$J\$8:\$J\$9:\$M\$9:\$J\$11,\$L\$12,\$J\$13,\$V\$12:\$V\$13,\$X\$11,\$A\$B\$11,\$A\$D\$12,\$A\$D\$13,\$A\$H\$9,\$A\$H\$10,\$A\$J\$8,\$A\$H\$14,\$A\$H\$15,\$A\$J\$16,\$A\$J\$17,\$A\$H\$18,\$A\$H\$19,\$A\$E\$17,\$A\$E\$18,\$A\$G\$19,\$U\$15,\$S\$14,\$S\$16,\$J\$17,\$L\$18,\$D\$17,\$D\$18,\$F\$19,\$J\$19,\$A\$A\$20,\$Y\$21,\$Y\$22,\$A\$H\$21,\$A\$J\$20,\$A\$J\$22,\$A\$H\$23,\$A\$H\$24,\$A\$J\$25,\$R\$23,\$O\$23:\$P\$24:\$P\$25,\$M\$24:\$M\$25,\$G\$23:\$G\$24,\$I\$25,\$I\$26,\$Y\$26:\$Y\$27,\$A\$E\$26,\$A\$G\$27,\$J\$27,\$J\$30,\$G\$27,\$G\$28,\$A\$26,\$A\$27,\$C\$28,\$D\$29,\$D\$30,\$F\$31,\$L\$31,\$S\$26,\$U\$27,\$S\$28,\$U\$29,\$S\$30,\$S\$31,\$R\$32,\$P\$34:\$P\$36,\$O\$35,\$R\$37,\$P\$33,\$O\$37,\$M\$36,\$G\$35,\$G\$36,\$I\$37,\$J\$38,\$L\$39,\$J\$40,\$D\$38,\$F\$39,\$D\$40,\$G\$41,\$G\$42,\$I\$43,\$Y\$41,\$Y\$42,\$A\$43,\$A\$B\$39,\$A\$B\$40,\$A\$B\$37,\$Y\$32,\$A\$A\$33,\$A\$A\$34,\$A\$B\$35,\$A\$D\$36,\$A\$E\$36,\$A\$E\$41,\$A\$G\$42,\$A\$H\$42,\$A\$H\$41,\$A\$J\$43,\$A\$E\$43,\$A\$G\$30,\$A\$G\$31,\$A\$B\$30,\$A\$B\$31,\$A\$A\$28,\$A\$E\$28,\$A\$E\$29,\$A\$D\$29,\$A\$G\$35,\$A\$E\$37,\$A\$D\$38)</p>

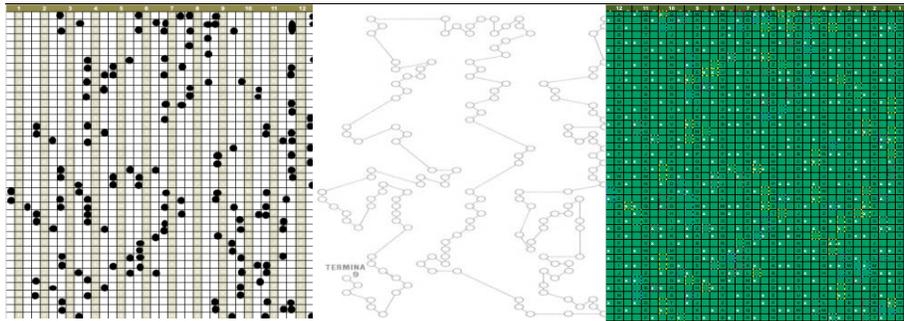
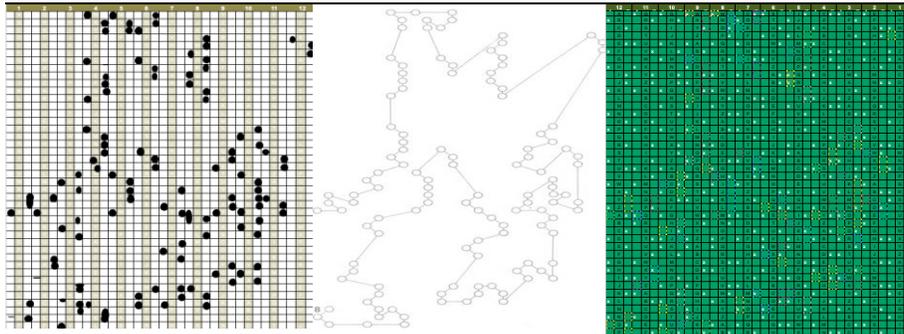
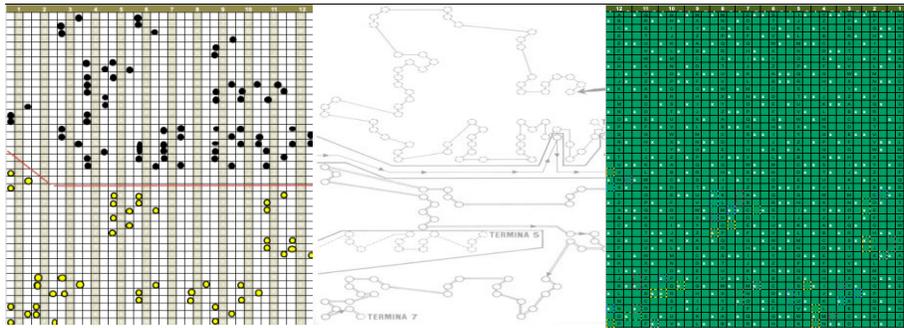
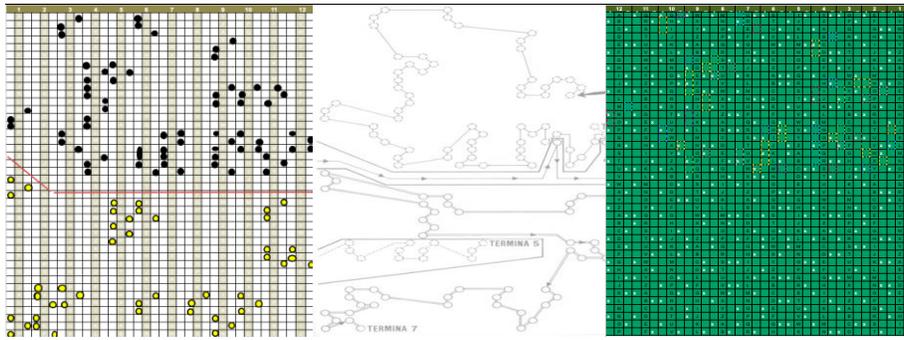
Figura 34. Tabla de percentiles para posiciones puntaje por área de interés de la prueba de Kuder

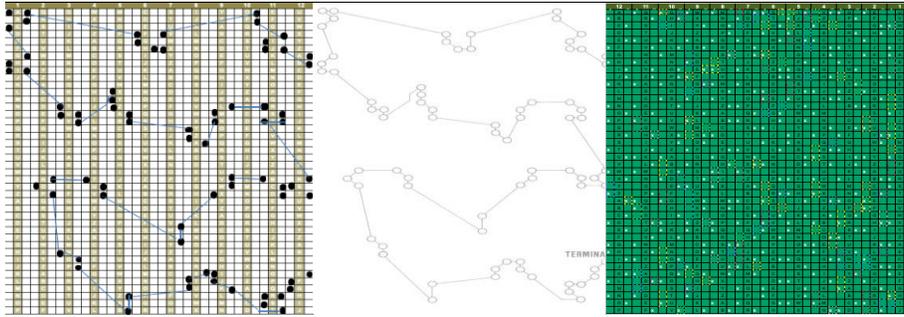
The figure displays two vertical tables of percentiles for the Kuder test, one for women ('Mujeres') and one for men ('Hombres'). Each table is organized into 10 columns representing different areas of interest and 100 rows representing percentile ranks from 1 to 100. The data is indicated by 'X' marks within the cells of the tables. The columns are labeled with the following areas of interest: **Area de Interés**, **Comunicación**, **Conducta**, **Conciencia**, **Conocimiento**, **Construcción**, **Construcción**, **Construcción**, **Construcción**, and **Construcción**. The rows are numbered from 1 to 100, with horizontal lines separating every 10 rows.

ii. Con las respuestas obtenidas en la prueba, se creó un Excel por cada estudiante, el cual de forma automática realiza un conteo de celdas que no estén vacías y que hagan parte del mapa correspondiente al área de interés.

Figura 35. Fichas de evaluación de áreas de interés según test de Kuder.

Programación del Excel que contiene los resultados de la prueba de Kuder (0 - 9)	Plantilla de respuestas de cada área interés desde la 0 hasta la 9	Conteo de respuestas por área de interés
		
		
		
		





iv. Con el valor correspondiente a la cantidad de respuestas que se obtuvo por área de interés, se situaron los valores en la tabla de percentiles dependiendo del género, lo cual permitió determinar las áreas de interés predominantes situadas por encima del percentil 75, o en su defecto entre el rango del percentil 65 - 75.

Figura 36. Participantes análisis multimodal de emociones.



v. *Clasificación de las actividades ocupacionales según las áreas de interés*

Se determinó el caso al cual pertenece los puntajes obtenidos por el estudiante:

**Caso I:** Sólo un puntaje por encima del percentil 75. Determina el área que corresponde a este puntaje y su respectivo número (del 0 al 9) se busca en la Tabla 12, el grupo de actividades correspondientes a esa área.

**Caso II:** Dos puntajes por encima del percentil 75. Cuando se tienen dos intereses predominantes, se combinan los números de sus respectivas áreas, principiando siempre por el número menor.

**Caso III:** Más de dos puntajes por encima del percentil 75. Se combinan los números de sus respectivas áreas, formando pares, principiando siempre por el número menor.

**Caso IV:** Ningún puntaje por encima del percentil 75. En este caso se pueden tomar en cuenta los puntajes por encima del percentil 65.

**Caso V:** Si todos los puntajes se sitúan alrededor del percentil 50, es probable que el estudiante no tenga un interés predominante o que la prueba sea inválida, debido a que el estudiante no comprende algunas de las preguntas, o porque no leyó con atención.

**Tabla 12. Tabla de Clasificación de las Actividades Ocupacionales**

Nº	Área de interés	Programas de estudio
<b>Sólo 1 interés predominante</b>		
<b>0</b>	<b>Interés para el trabajo al aire libre.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ciencias del mar</li> <li>- Ecólogos</li> <li>- Geólogos</li> <li>- Ingenieros agrónomos</li> <li>- Ingenieros forestales</li> <li>- Ingenieros de minas</li> <li>- Ingenieros pesqueros</li> <li>- Oficiales de ejército, marina, aviación, policía</li> <li>- Profesores de educación física</li> <li>- Topógrafos</li> </ul>
<b>1</b>	<b>Interés Mecánico.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aviadores</li> <li>- Electromecánicos</li> <li>- Físicos</li> <li>- Ingenieros civiles</li> <li>- Ingenieros electricistas</li> <li>- Ingenieros industriales</li> <li>- Ingenieros mecánicos</li> <li>- Ingenieros metalúrgicos</li> <li>- Ingenieros químicos</li> <li>- Ingenieros sanitarios</li> <li>- Tecnólogos mecánicos.</li> </ul>
<b>2</b>	<b>Interés para el cálculo.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contadores públicos y auditores</li> <li>- Economistas</li> <li>- Estadísticos</li> <li>- Ingenieros de sistemas</li> <li>- Profesores de matemáticas</li> <li>- Programadores de computadoras</li> <li>- Tecnólogos en mercadeo</li> </ul>
<b>3</b>	<b>Interés científico.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Antropólogos</li> <li>- Archeólogos</li> <li>- Astrónomos</li> <li>- Bacteriólogos</li> <li>- Biólogos</li> <li>- Ingenieros electricistas</li> <li>- Ingenieros electrónicos</li> <li>- Ingenieros de alimentos</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Médicos y cirujanos</li> <li>- Médicos veterinarios</li> <li>- Microbiólogos</li> <li>- Odontólogos</li> <li>- Psicólogos</li> <li>- Químicos</li> <li>- Químicos farmaceutas</li> <li>- Sociólogos</li> </ul>
4	<b>Interés persuasivo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agentes de publicidad</li> <li>- Comunicadores sociales</li> <li>- Editores Juristas (Abogados, Jueces, consejeros Jurídicos)</li> <li>- Maestros</li> <li>- Profesores</li> <li>- Vendedores</li> </ul>
5	<b>Interés artístico – plástico.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Arquitectos</li> <li>- Decoradores de interiores</li> <li>- Delineantes de arquitectura</li> <li>- Dibujantes</li> <li>- Escultores</li> <li>- Pintores</li> <li>- Técnicos en diseño textil</li> </ul>
6	<b>Interés literario.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bibliotecarios</li> <li>- Educadores</li> <li>- Escritores</li> <li>- Juristas Periodistas</li> <li>- Profesores de filosofía</li> <li>- Profesores de letras</li> </ul>
7	<b>Interés musical.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Actores y Actrices</li> <li>- Compositores</li> <li>- Directores de orquesta</li> <li>- Músicos</li> <li>- Profesores de música</li> </ul>
8	<b>Interés por el servicio social.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bibliotecarios</li> <li>- consejeros vocacionales</li> <li>- Enfermeras (os)</li> <li>- Fonoaudiólogas</li> <li>- Fisioterapeutas</li> <li>- Médicos y Cirujanos Odontólogos</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pedagogos (en general)</li> <li>- Psicólogos Sacerdotes</li> <li>- Tecnólogos en educación preescolar</li> <li>- Terapeuta del lenguaje</li> <li>- Terapeuta ocupacional</li> <li>- Trabajadores sociales</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Almacenistas</li> <li>- Archivistas</li> <li>- Cajeros</li> <li>- Contadores</li> <li>- Mecnógrafos</li> <li>- Recepcionistas</li> <li>- secretarias</li> <li>- Secretarias ejecutivas</li> <li>- Taquígrafos (as)</li> <li>- Tenedores de libros</li> </ul>
<b>9</b>	<b>Interés en el trabajo de oficina.</b>	
<b>Posibles combinaciones cuando hay más de 1 interés predominante</b>		
<b>01</b>	<b>Aire libre – Mecánico.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ingenieros agrónomos especializados en maquinaria agrícola.</li> <li>- Ingenieros civiles especializados en hidráulica.</li> <li>- Ingenieros civiles especializados en vías de comunicación.</li> <li>- Ingenieros de minas Ingenieros de petróleo</li> <li>- Ingenieros navales Topógrafos</li> </ul>
<b>02</b>	<b>Aire libre – Cálculo.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ingenieros agrónomos especializados en economía.</li> <li>- Ingenieros agrónomos especializados en estadística.</li> </ul>
<b>03</b>	<b>Aire libre – Científico.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Antropólogos</li> <li>- Arqueólogos</li> <li>- Biólogos marinos</li> <li>- Geólogos</li> <li>- Ingenieros agrónomos especializados en fitotecnia.</li> <li>- Ingenieros agrónomos especializados en parasitología.</li> <li>- Ingenieros forestales</li> <li>- Médicos veterinarios</li> </ul>

<b>08</b>	<b>Aire libre – Servicio social.</b>	- Profesores de educación física - Trabajadores sociales
<b>12</b>	<b>Mecánico – Cálculo.</b>	- Ingenieros civiles - Ingenieros electricistas - Ingenieros mecánicos
<b>13</b>	<b>Mecánico – Científico.</b>	- Fisioterapeutas - Geólogos - Ingenieros civiles - Ingenieros de minas - Ingenieros electricistas - Ingenieros industriales - Ingenieros mecánicos - Ingenieros químicos - Odontólogos - Optómetras - Técnicas de laboratorio
<b>14</b>	<b>Mecánico – Persuasivo.</b>	- Ingenieros industriales - Vendedores
<b>15</b>	<b>Mecánico – Artístico.</b>	- Arquitectos - Decoradores de interiores - Delineantes de arquitectura - Dibujantes publicitarios - Profesores de artes manuales - Técnicos en diseño textil
<b>17</b>	<b>Mecánico – Musical.</b>	- Ingenieros de sonido
<b>18</b>	<b>Mecánico – Servicio social.</b>	- Profesores de materias técnicas
<b>23</b>	<b>Cálculo – Científico.</b>	- Astrónomos - Actuarios - Economistas - Estadígrafos - Físicos - Ingenieros civiles - Ingenieros electricistas - Ingenieros industriales - Ingenieros mecánicos - Ingenieros de petróleo - Ingenieros químicos

		- Matemáticos - Profesores de matemáticas - Químicos
24	<b>Cálculo – Persuasivo.</b>	- Economistas
25	<b>Cálculo – Artístico-plástico.</b>	- Arquitectos - Ingenieros civiles
28	<b>Cálculo – Servicio social.</b>	- Economistas - Estadígrafos - Profesores de matemáticas - Profesores de materias comerciales
29	<b>Cálculo – Trabajo de oficina.</b>	- Contadores públicos - Tenedores de libros
34	<b>Científico – Persuasivo.</b>	- Farmacéuticos - Ingenieros industriales - Profesores de ciencia
35	<b>Científico – Artístico-plástico.</b>	- Arquitectos - Médicos cirujanos - Odontólogos
36	<b>Científico – Literario.</b>	- Filólogos - Médicos - Psicólogos
37	<b>Científico – Musical.</b>	- Ingenieros de sonido
38	<b>Científico – Servicio social.</b>	- consejeros vocacionales - Médicos - Nutricionistas - Odontólogos - Profesores de ciencias - Psicólogos clínicos
45	<b>Persuasivo – Artístico-plástico.</b>	- Decoradores de interiores - Dibujantes publicitarios
46	<b>Persuasivo – Literario.</b>	- Escritores - Juristas - Periodistas - Profesores (letras)
47	<b>Persuasivo – Musical.</b>	- Actores y Actrices - directores de orquesta - Profesores de canto - Profesores de música

		- Comunicadores sociales - consejeros vocacionales
48	<b>Persuasivo – Servicio social.</b>	- Juristas (en general) - Pedagogos (en general) - Trabajadores sociales
56	<b>Artístico plástico – Literario.</b>	- Actores y Actrices - Escritores
58	<b>Artístico plástico –Servicio social.</b>	- Profesores de artes manuales
67	<b>Literario – Musical.</b>	- Actores y Actrices - Profesores de música
68	<b>Literario – Servicio social.</b>	- Escritores - Periodistas - Profesores de ciencias sociales, de filosofía y letras - Trabajadores sociales
69	<b>Literario – Trabajo de oficina.</b>	- Bibliotecarios - secretarios
78	<b>Musical - Servicio social.</b>	- Músicos - Profesores de música - Profesores de baile
89	<b>Servicio social – Trabajo social</b>	- Profesores de materias comerciales

### ***Resultados Test de Kuder por género.***

Cómo se ha presentado hasta acá, se construyó una hoja de cálculo de Excel la cual permite valorar automáticamente las respuestas al test de Kuder presentadas por los estudiantes. Estas pruebas fueron evaluadas por un profesional en psicología de la Vicerrectoría de Desarrollo Humano de la Universidad Autónoma de Manizales. La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y la Tabla 13 muestran los resultados para mujeres y para hombres, respectivamente. Las tablas permiten contrastar los resultados entregados por el sistema automático y por el profesional. Puede observarse que existe alta coincidencia entre el sistema entregado por la herramienta automatizada y por el profesional.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, mujeres, existen cuatro casos en los que la evaluación automática evidenció interés en áreas que no fueron identificadas por el profesional (señalados en amarillo) y una en la que el sistema automático marco un interés elevado pero que el profesional valoró como bajo (señalada en rojo). En la Tabla 13,

hombres, existen cuatro casos en los que el profesional indicó afinidad, pero la herramienta automática no lo hizo (señaladas en rojo). Para todos los demás casos existió relación con el resultado entregado por el profesional y la herramienta automática.

Esta validación se realizó para garantizar que los protocolos de estimulación visual que se le presentaron a los estudiantes si fueran los indicados. También la validación permite garantizar que el sistema automático es capaz de identificar las áreas de alto y bajo interés de forma apropiada. Las diferencias presentadas pueden requerir ajustes menores del sistema automático o algunos errores mínimos cometidos por el profesional.

En el Anexo 4, se muestran las evaluaciones realizadas por el profesional y por el sistema automático, donde se observa de manera extensa la afinidad entre el sistema automático y la evaluación profesional.

**Tabla 13. Resultado Test de Kuder hombres. Evaluación sistema automático y evaluación por parte de un experto.**  
Total, mujeres encuestadas: 14

Estudiante	Evaluación test de Kuder Automatizada		Evaluación test de Kuder evaluación por el Profesional	
	Área de interés mayor	Área de interés menor	Área de interés mayor	Área de interés menor
1	Aire libre	Musical	Aire libre	Persuasivo
	Mecánico		Mecánico	Musical
	Artístico plástico		Artístico plástico	
2	Mecánico	Musical	Mecánico	Musical
3	Mecánico	Musical	Mecánico	Musical
	Cálculo		Cálculo	
	Literario		Trabajo de oficina	
4	Trabajo de oficina	Musical	Literario	Musical
	Cálculo			
5	Persuasivo	Musical	Persuasivo	Musical
	Literario		Literario	
5	Servicio social			
6	Artístico plástico	Musical	Artístico plástico	Musical

	Servicio social		Servicio social	
7	Servicio social	Musical	Servicio social	Musical
	Aire libre		Aire libre	
	Mecánico		Mecánico	Musical
	Científico	Musical	Científico	
8	Artístico plástico			
	Aire libre		Aire libre	
	Persuasivo	Musical	Persuasivo	Musical
9	Servicio social		Servicio social	
	Mecánico	Literario	Mecánico	
10	Persuasivo	Musical	Persuasivo	Musical
	Artístico plástico		Artístico plástico	
11	Servicio social	Cálculo	Servicio social	Cálculo
12	Artístico	Científico	Artístico	Científico
	Mecánico		Mecánico	
13	Artístico plástico	Servicio social	Artístico plástico	Servicio social
	Literario		Literario	
	Cálculo		Literario	
14	Literario	Servicio social	Trabajo de oficina	Servicio social
	Trabajo de oficina			

Total, hombres encuestados: 11

Estudiante	Evaluación test de Kuder Automatizada		Evaluación test de Kuder evaluación por el Profesional	
	Área de interés mayor	Área de interés menor	Área de interés mayor	Área de interés menor
1	Musical		Musical	
	Servicio social	Mecánico	Servicio social	Mecánico
	Trabajo de oficina		Trabajo de oficina	
2	Musical	Mecánico	Musical	Mecánico
			Artístico plástico	
3	Cálculo	Aire libre	Cálculo	Aire libre

	Artístico plástico		Artístico plástico
	Musical		Musical
4	Persuasivo	Literario	Persuasivo
	Trabajo de oficina		Literario
	Mecánico		Aire libre
	Persuasivo	Literario	Mecánico
5	Musical		Cálculo
			Científico
			Persuasivo
	Cálculo		Mecánico
6	Persuasivo	Aire libre	Cálculo
	Trabajo de oficina		Persuasivo
			Trabajo de oficina
7	Persuasivo	Mecánico	Persuasivo
	Artístico plástico		Artístico plástico
8	Artístico plástico		Artístico plástico
	Musical	Trabajo de oficina	Musical
	Servicio social		Mecánico
			Servicio social
9	Persuasivo	Cálculo	Persuasivo
	Artístico plástico		Artístico plástico
	Cálculo	Artístico	Cálculo
	Literario	Musical	Literario
10	Musical		Musical
	Mecánico		Mecánico
	Cálculo	Aire libre	Cálculo
11	Persuasivo		Persuasivo

**Objetivo II: Desarrollar del sistema que permite presentar protocolos de estimulación visual, análisis de RFE y de potenciales relacionados a eventos.**

Para el reconocimiento de expresiones emocionales, Afectiva utiliza el sistema de codificación de acciones faciales EMFACS. Donde cada emoción recibe una puntuación de 0 (ausente) a 100 (presente). La Tabla 15 hace referencia a los 34 puntos de referencia facial

que se utilizaron en el sistema y su distribución en el rostro, con el fin de detectar rasgos faciales en transmisiones de video en tiempo real:

**Tabla 14. Puntos de referencia facial.**

<b>PUNTOS DE REFERENCIA FACIAL (EN TOTAL 34)</b>			
<b>Índice</b>	<b>Punto Facial</b>	<b>Índice</b>	<b>Punto Facial</b>
1	Derecha Arriba Mandíbula	18	Ojo derecho interno
2	Ángulo de mandíbula derecho	19	Ojo izquierdo interno
3	Punta de la barbilla	20	Ojo izquierdo externo
4	Ángulo de la mandíbula izquierda	21	Esquina del labio derecho
5	Mandíbula superior izquierda	22	Apéndice derecho del labio superior
6	Esquina externa derecha de la frente	23	Centro del labio superior
7	Centro de la frente derecha	24	Apéndice izquierdo del labio superior
8	Esquina interior derecha de la frente	25	Esquina izquierda del labio
9	Esquina izquierda interna de la frente	26	Borde izquierdo borde inferior
10	Centro de la frente izquierda	27	Centro del labio inferior
11	Esquina externa izquierda	28	Borde derecho inferior
12	Base de la nariz	29	Labio superior inferior
13	Punta de la nariz	30	Parte superior del labio inferior
14	Nariz inferior derecho límite	31	Esquina superior ojo derecho
15	Límite inferior de la nariz	32	Esquina inferior ojo derecho
16	Nariz, límite inferior izquierdo	33	Ojo izquierdo de la esquina superior
17	Ojo derecho externo	34	Esquina inferior ojo izquierdo

La Tabla 16 hace referencia a los parámetros que se evalúan en el análisis de RFE con su respectivo puntaje de intensidad, el cual puede variar entre 0 y 100 para las emociones y cuyas curvas de la característica operativa del receptor (COR) varía entre 0 y 1 para las expresiones faciales y las matizadas, al igual que para el compromiso y la valencia.

El COR es una herramienta estadística que se utiliza en el análisis de clasificación para determinar la capacidad discriminatoria de una prueba dicotómica de diagnóstico. Es decir,

una prueba, basada en una variable de decisión cuyo objetivo es clasificar a los individuos de la población en dos grupos: uno que presenta un evento y otro que no lo hace” (Benavides).

**Tabla 15. Métricas de emoción, valencia, compromiso y promedio**

EMOCIÓN	PUNTUACIÓN	ROC (Precisión)
Alegría	[0 ,100]	[0 ,1]
Tristeza	[0 ,100]	[0 ,1]
Enojo	[0 ,100]	[0 ,1]
Sorpresa	[0 ,100]	[0 ,1]
Repudio	[0 ,100]	[0 ,1]
Miedo	[0 ,100]	[0 ,1]

A medida que la expresión facial se intensifica, la puntuación aumenta.

Los valores de puntuación ROC oscilan entre 0 y 1. Cercano a 1 más preciso es el clasificador y caso opuesto, menos preciso es el clasificador.

		EXPRESIONES FACIALES	ROC (Precisión)	
		Sonrisa	[0 ,1]	
	Surco de la frente	[0 ,1]		
	Aumento de la frente interna	[0 ,1]		
	Aumento de la frente	[0 ,1]		
	Arruga de la nariz	[0 ,1]		
			EXPRESIONES MATIZADAS	ROC (Precisión)
		Depresor labial	[0 ,1]	
Fruncimiento de labios		[0 ,1]		
Cierre de los ojos		[0 ,1]		
		VALENCIA	PUNTUACIÓN	
		Experiencia neutra a positiva	[0 ,100]	
		Experiencia negativa a neutral	[-100 ,0]	
		COMPROMISO	PUNTUACIÓN	
		Activación muscular	[0 ,100]	

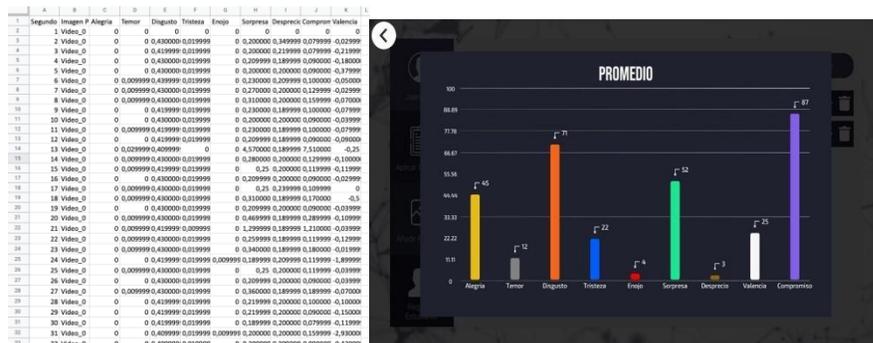
$\Sigma$  = Aumento de cejas + Surco de ceja +  
 Arrugas de la nariz + Depresor de esquina de  
 labios + Chin aumento + Fruncimiento de  
 labios + Prensa de labios + Boca abierta +  
 Chupar labios + Sonreír

<b>PROMEDIO DE CADA EMOCIÓN BÁSICA DURANTE            LA PRESENTACIÓN DE LOS PROTOCOLOS DE ESTIMULACIÓN EMOCIONAL. (Se analizan 9            fotogramas/segundo)</b>	
AVG_IA	$= \Sigma(\text{Intensidad Alegría}/\text{fotograma})/\text{Cantidad total de fotogramas}$
AVG_IT	$= \Sigma(\text{Intensidad Tristeza}/\text{fotograma})/\text{Cantidad total de fotogramas}$
AVG_IE	$= \Sigma(\text{Intensidad Enojo}/\text{fotograma})/\text{Cantidad total de fotogramas}$
AVG_IS	$= \Sigma(\text{Intensidad Sorpresa}/\text{fotograma})/\text{Cantidad total de fotogramas}$
AVG_IR	$= \Sigma(\text{Intensidad Repudio}/\text{fotograma})/\text{Cantidad total de fotogramas}$
AVG_IM	$= \Sigma(\text{Intensidad Miedo}/\text{fotograma})/\text{Cantidad total de fotogramas}$

i. Se calcularon los promedios de las expresiones emocionales por el total de la duración del protocolo. Por cada protocolo se generó un Excel con el valor de las expresiones emocionales identificadas por segundo, incluyendo el momento en el cual se genera el cambio de imagen o video en el protocolo.

Al final se obtiene el promedio de las siete emociones básicas (alegría, temor, disgusto, tristeza, enojo, sorpresa y desprecio) por la total duración del protocolo y una gráfica de barras, para visualizar los valores obtenidos.

Figura 37. Promedio emociones básicas Afectiva.



En la Tabla 16 se relacionan los promedios obtenidos por los 25 estudiantes que hicieron parte de la prueba:

**Tabla 16. Promedios de emociones por cada protocolo aplicado a los participantes de la prueba.**

Estudiante	Protocolo		Promedio reconocimiento emociones básicas faciales									Emoción predominante		Compromiso	Valencia
	Interés	Área	Alegría	Temor	Disgusto	Tristeza	Enojo	Sorpresa	Desprecio	Compromiso	Valencia				
H O M B R E S	1	Alto	79	1,67174	0,00130	0,40826	0,01809	0,00061	3,44348	0,22574	4,26096	3,56635	Sorpresa	Bajo	Positiva
		Bajo	5	0,00020	0,00353	0,44941	0,01804	0,00510	0,28588	0,22765	5,47726	-1,57039	Disgusto	Bajo	Negativa
	2	Alto	14	0,00000	0,00596	0,43029	0,01846	0,00038	1,16115	2,03327	2,99586	-0,67750	Desprecio	Bajo	Negativa
			17	0,00000	0,00280	0,41805	0,01927	0,00024	0,33195	2,38854	0,68415	-0,58939	Desprecio	Bajo	Negativa
		47	0,00000	0,01331	0,42799	0,01864	0,00039	1,54812	0,21455	2,28825	0,72234	Sorpresa	Bajo	Positiva	
	Bajo	0	0,00000	0,00712	3,07577	0,05750	0,02269	0,17538	0,28442	5,79058	-3,51885	Disgusto	Bajo	Negativa	
	3	Alto	45	0,00000	0,03347	0,44271	0,01763	0,00627	7,37517	1,82780	22,93661	-6,48602	Sorpresa	Bajo	Negativa
			47	0,00000	0,03660	1,16043	0,01319	0,00234	8,31702	0,20000	59,59531	3,07596	Sorpresa	Intermedio	Positiva
			57	3,71350	0,03850	0,55783	0,01367	0,00100	1,77117	1,48050	12,10117	5,56233	Alegría	Bajo	Positiva
		Bajo	0	0,00052	0,01968	0,47916	0,01701	0,00175	0,89221	3,82150	4,48188	-4,55838	Desprecio	Bajo	Negativa
	4	Alto	7	0,57221	0,01078	1,75961	0,01732	0,00022	2,40706	1,90481	15,98823	1,95074	Sorpresa	Bajo	Positiva
		Bajo	1	0,00000	0,00051	0,41559	0,01915	0,00051	0,20983	0,20831	20,10661	-0,21712	Disgusto	Bajo	Negativa
	5	Alto	47	0,00019	0,00667	0,46907	0,01667	0,01870	0,35426	2,07889	3,01259	4,08889	Desprecio	Bajo	Positiva
		Bajo	1	0,00000	0,00200	0,41852	0,02096	0,00287	0,20270	0,50496	7,19017	-1,27522	Desprecio	Bajo	Negativa
6	Alto	47	10,21517	0,09638	0,49569	0,01552	0,00103	2,24207	2,35000	7,11293	6,60448	Alegría	Bajo	Positiva	
		48	1,24840	0,03338	0,89995	0,02684	0,00065	3,57935	3,89684	19,74966	3,13390	Desprecio	Bajo	Positiva	
	Bajo	1	0,00000	0,00198	1,41405	0,02371	0,00034	0,53724	2,93578	3,17819	-3,89224	Desprecio	Bajo	Negativa	
7	Alto	47	0,87455	0,00097	0,40617	0,02058	0,00494	0,19325	0,00000	3,81961	1,27403	Alegría	Bajo	Positiva	
	Bajo	2	0,00006	0,00329	0,44841	0,01951	0,00037	0,33360	0,39152	1,27323	0,25677	Disgusto	Bajo	Positiva	

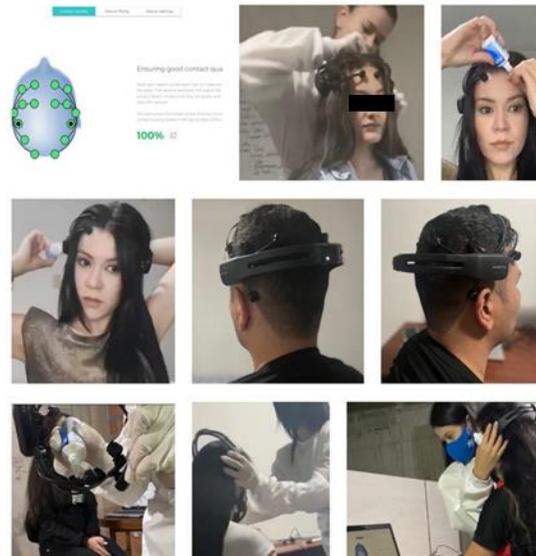
	<b>8</b>	Alto	78	0,00000	0,00299	0,42537	0,01851	0,00104	0,20910	5,77299	19,17313	-0,99343	Desprecio	Bajo	Negativa	
		Bajo	1	0,00000	0,00164	0,43382	0,01945	0,00018	0,21236	0,84855	10,11836	-0,58036	Desprecio	Bajo	Negativa	
	<b>9</b>	Alto	57	3,19883	0,06675	0,70753	0,04597	0,00195	8,80844	4,06812	24,94000	-11,00636	Sorpresa	Bajo	Negativa	
		Bajo	3	0,57221	0,01078	1,75961	0,01732	0,00022	1,90481	2,40706	5,98823	1,95074	Desprecio	Bajo	Positiva	
	<b>10</b>	Alto	14	5,52198	0,00349	0,45947	0,01941	0,00039	0,25724	0,00000	0,14967	-0,14836	Alegría	Bajo	Negativa	
			17	0,00018	0,00965	0,53368	0,01842	0,00053	3,33526	0,66316	12,61193	-0,63000	Sorpresa	Bajo	Negativa	
			47	1,84017	0,02568	1,63974	0,01996	0,00371	3,59450	0,80170	13,69961	-2,02991	Sorpresa	Bajo	Negativa	
		Bajo	8	0,00000	0,00491	0,44982	0,01789	0,00123	0,85421	2,04263	1,47351	-0,54947	Desprecio	Bajo	Negativa	
	<b>11</b>	Alto	8	0,95763	0,00474	0,41692	0,02242	0,00209	0,36175	3,12706	1,60317	0,82137	Desprecio	Bajo	Positiva	
		Bajo	3	0,43808	0,00458	0,38638	0,02085	0,00096	0,00000	0,24181	0,50243	-0,55158	Alegría	Bajo	Negativa	
	<b>M U J E R E S</b>	<b>12</b>	Alto	1	6,15627	0,46618	0,55804	0,55353	1,07020	4,61902	4,58569	25,61922	3,07833	Alegría	Bajo	Positiva
			Bajo	37	2,47854	0,00049	0,36549	0,01829	0,01049	0,18585	7,74817	8,22560	-2,64659	Desprecio	Bajo	Negativa
		<b>13</b>	Alto	1	24,50568	0,00683	0,24529	0,00875	0,00000	1,65029	0,10346	37,90663	25,54981	Alegría	Bajo	Positiva
			Bajo	8	0,01079	0,00864	0,27529	16,53207	0,00000	2,20143	0,23457	27,87901	-1,78136	Tristeza	Bajo	Negativa
<b>14</b>		Alto	0 8	0,00000	0,08000	1,43815	0,12117	0,00068	3,27777	6,82107	4,97971	-4,03097	Desprecio	Bajo	Negativa	
		Bajo	5	0,00000	0,00633	0,40538	0,01924	0,06405	0,78778	4,13336	10,04196	-7,48449	Desprecio	Bajo	Negativa	
<b>15</b>		Alto	4	0,00000	0,00596	0,42842	0,01860	0,00035	0,52649	0,24070	0,69982	-0,36579	Sorpresa	Bajo	Negativa	
		Bajo	5	2,62292	0,01571	0,63851	0,01377	0,00149	1,98688	3,78617	15,77708	-0,18617	Desprecio	Bajo	Negativa	
<b>16</b>		Alto	1	2,62292	0,01571	0,63851	0,01377	0,00149	1,98688	3,78617	15,77708	-0,18617	Desprecio	Bajo	Negativa	
		Bajo	7	68,17200	0,03691	0,14436	0,22327	0,00000	6,69291	1,71055	72,20599	62,10035	Alegría	Alto	Positiva	
<b>17</b>		Alto	8	84,35542	0,00181	0,00325	0,00000	0,00000	7,24313	0,01470	92,68732	42,54432	Alegría	Alto	Positiva	
		Bajo	7	38,61435	0,01331	0,72117	0,00883	0,00123	1,52266	0,92169	46,16045	24,10286	Alegría	Intermedio	Positiva	

18	Alto	5	1,72542	0,19483	0,49475	0,02585	0,00322	3,01729	1,92119	9,19804	-8,81009	Sorpresa	Bajo	Negativa
	Bajo	7	0,00000	0,00000	0,42218	0,01927	0,00073	0,18745	1,26327	1,07564	-1,03600	Desprecio	Bajo	Negativa
19	Alto	1	1,93955	0,00455	0,41175	0,01786	0,00565	0,29974	3,79617	5,32636	1,31831	Desprecio	Bajo	Positiva
	Bajo	5	0,00000	0,00636	0,91740	0,01773	0,00305	0,35604	9,89993	9,68773	-6,37617	Desprecio	Bajo	Negativa
20	Alto	8	0,00000	0,00000	0,42388	0,01970	0,00821	0,19224	0,18791	0,08164	0,09343	Disgusto	Bajo	Positiva
	Bajo	7	0,00000	0,00065	0,42779	0,01974	0,00948	0,33779	0,19487	10,40760	0,01656	Disgusto	Bajo	Positiva
21	Alto	0 1	0,00000	0,00879	0,34638	0,01414	0,00086	1,25034	0,61603	3,47379	-1,74810	Sorpresa	Bajo	Negativa
		0 2	0,00000	0,00539	0,37299	0,01734	0,00130	0,53364	4,35604	2,38312	0,7154546	Desprecio	Bajo	Positiva
		12	65,01534	1,10653	0,88213	1,64627	0,00213	10,82240	1,33253	7,27825	56,98867	Alegría	Bajo	Positiva
	Bajo	4	0,00000	0,00357	0,40727	0,01883	0,00039	0,28942	0,76513	0,54753	-0,73052	Desprecio	Bajo	Negativa
22	Alto	8	32,72723	0,11590	0,48470	0,02614	0,04675	8,66217	1,46313	47,66241	27,87928	Alegría	Intermedio	Positiva
	Bajo	7	0,00052	0,00649	0,58763	0,01845	0,00010	0,58268	0,52773	2,31660	-0,41773	Disgusto	Bajo	Negativa
23	Alto	4	8,00621	0,08978	0,99454	0,01282	0,00106	4,83603	0,84850	17,98779	9,27427	Alegría	Bajo	Positiva
	Bajo	5	0,00000	0,00596	0,42842	0,01860	0,00035	0,52649	0,24070	10,69982	0,03658	Sorpresa	Bajo	Positiva
24	Alto	14	0,00000	0,01820	0,49692	0,01464	0,00289	3,16758	0,68673	10,84526	3,40242	Sorpresa	Bajo	Positiva
	Bajo	8	0,00102	0,01000	1,08670	0,01602	0,00489	0,38960	0,27136	4,57403	-0,22705	Disgusto	Bajo	Negativa
25	Alto	0 1	0,90325	0,00000	0,39487	0,02019	0,00110	0,19390	0,00000	3,63889	-3,82701	Alegría	Bajo	Negativa
	Bajo	7	0,00000	0,00029	0,41074	0,02029	0,00118	0,18956	4,85147	2,37868	-2,43574	Desprecio	Bajo	Negativa

ii. Se utilizó el Emotiv EPOC+, para la obtención de datos de potenciales eléctricos generados por el cerebro, el cual utiliza electrodos húmedos que se conectan con la piel a través de un gel conductor y a los cuales les mejora la conductancia con el uso de solución salina.

Debido a reacciones químicas, algunos de los electrodos se deterioraron con el tiempo, perdiendo iones y provocando señales ruidosas. Por tal motivo, se debía comprobar la calidad de los electrodos antes de cada prueba y antes del siguiente registro, se limpiaban y desinfectaban con alcohol.

**Figura 38. Colocación casco electroencefalografía.**

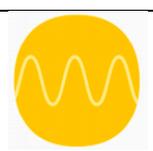
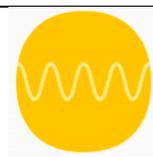


Para garantizar la precisión de los resultados en las medidas mencionadas, se procuró mantener el 100% de contacto de los electrodos con el cuero cabelludo del estudiante. Lo anterior se logró, haciendo seguimiento al estado de cada sensor en tiempo real, buscando optimizar la calidad de contacto al mejorar la conductancia con la solución salina en cada electrodo que muestre un color diferente al color verde en el panel del Emotiv PRO v2.0. El código de color es el siguiente: Verde: bueno, naranja: moderado, rojo: baja y negro: muy baja.

iii. Se adquirió la licencia Emotiv PRO Academic, para almacenar las métricas de rendimiento de los estados cognitivos, afectivos y de atención, tales como el estrés, el compromiso, la relajación, el interés y el enfoque. La señal emitida refleja los estados a una frecuencia de 0,1 Hz, las cuales varían dependiendo de factores individuales, del estímulo visual presentado y de estados internos del estudiante. Dichas señales se clasificaron en las bandas de frecuencia que se muestran en la Tabla 17.

**Tabla 17 Clasificación bandas de frecuencias del Emotiv.**

Banda	Frecuencia	Estudios con la onda	Forma de la onda
Delta (1 - 4 Hz)	Generalmente sólo están presentes durante el sueño profundo no REM (etapa 3). Cuanto más fuerte es el ritmo delta, más profundo es el sueño.	Sueño, desórdenes en el sueño y alcoholismo	
Theta (4 - 8 Hz)	La actividad theta frontal se correlaciona con la dificultad de las operaciones mentales, como la atención enfocada, el procesamiento, el aprendizaje de información y la memoria. La potencia es más prominente a medida que aumenta la dificultad de la tarea. (Klimesch,1996; O'Keefe y Burgess, 1999; Schack, Klimesch y Sauseng, 2005).	Ejercicios de memoria acompañados de protocolos de estimulación visual y tareas de navegación en entornos reales o en realidad virtual (laberintos, recordar puntos clave a lo largo de una ruta)	
Alfa. (8 -12 Hz)	Refleja funciones sensoriales, motoras y de memoria. Aumentan los niveles de potencia durante actividades de relajación e inhibición sensorial. Se reduce durante la actividad mental o corporal con los ojos abiertos. (Pfurtscheller y Aranibar, 1977).	Meditación. Escenarios de rehabilitación y relajación con poblaciones clínicas Evaluar nivel de atención (Encuestados con bajo rendimiento y distraídos muestran una potencia alta de alfa)	

Beta(13-25 Hz)	El pensamiento activo, ocupado o ansioso y la concentración activa se correlacionan con una mayor potencia beta, como cuando los movimientos finos de los dedos y atención enfocada, la observación de movimientos corporales de los demás. El cerebro aparentemente imita los movimientos de las extremidades de otros, coordinado por frecuencias de un "sistema de neuronas espejo" (Zhang et al., 2008).	Poblaciones clínicas de pacientes con Parkinson, esclerosis múltiple (EM) u otros trastornos neurodegenerativos. Estado de alerta inducido por psicoestimulantes que modifican los niveles de alerta y procesamiento de la atención.	
Gamma(26-50Hz)	Refleja un proceso de atención y es un subproducto de otros procesos neuronales, como los movimientos oculares.	El EEG se combina con el seguimiento ocular de alta resolución, para analizar cómo los movimientos oculares sutiles afectan las frecuencias gamma.	

iv. Se genera un nuevo marcador de eventos en el panel del Emotiv PRO con el nombre de “Cambio de profesión”, adicional a los tres que vienen por defecto en la aplicación. Dicho marcador se activa manualmente con la tecla asignada, en este caso la tecla número 4 y cada vez que sucede un cambio de evento, se visualiza en el flujo de datos, en la línea de tiempo de grabación y en la columna de marcadores de eventos del CSV que se exporta al final de la aplicación del protocolo.

Como resultado al aplicar el marcador de eventos, se identifica el momento en que se genera un cambio de profesión en el video del protocolo que se aplica, correspondiente al área de mayor y menor interés del estudiante, según resultados de la prueba de Kuder.

**Figura 39. Marcación de evento Emotiv, cambio de profesión.**

The image displays three components related to a keystroke marker system:

- Form:** A window titled "ADD NEW KEYSTROKE MARKER" with fields for "Keystroke" (value: 4), "Label" (value: Cambio de profesión), and "Value" (value: 10). It includes "Cancel" and "Add" buttons.
- JSON Data:** A snippet of a JSON array containing two marker objects. The first object has an index of 3, a label of "Cambio de profesión", and a type of "instance". The second object has an index of 4, the same label, and a type of "KeyStroke".
- Response Tree:** A tree diagram showing a "response" object with several properties: "Markers" (an array of 8 elements), "cqMode", "exportApp", "exportTime", "mappings", "recordId", and "user". The "Markers" array is expanded to show its contents, which include the two JSON objects from the previous block.

vi. Se obtuvieron los promedios y el grafico de barras de los datos crudos correspondientes a los seis estados emocionales del Emotiv EPOC por cada estudiante.

vii. Tabla 18.

i. Al finalizar la aplicación del protocolo, se generó un GIF con nueve (09) fotogramas por segundo, correspondiente a la grabación del análisis del REF. En **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se visualiza la salida obtenida en el sistema y en el Emotiv EPOC+.

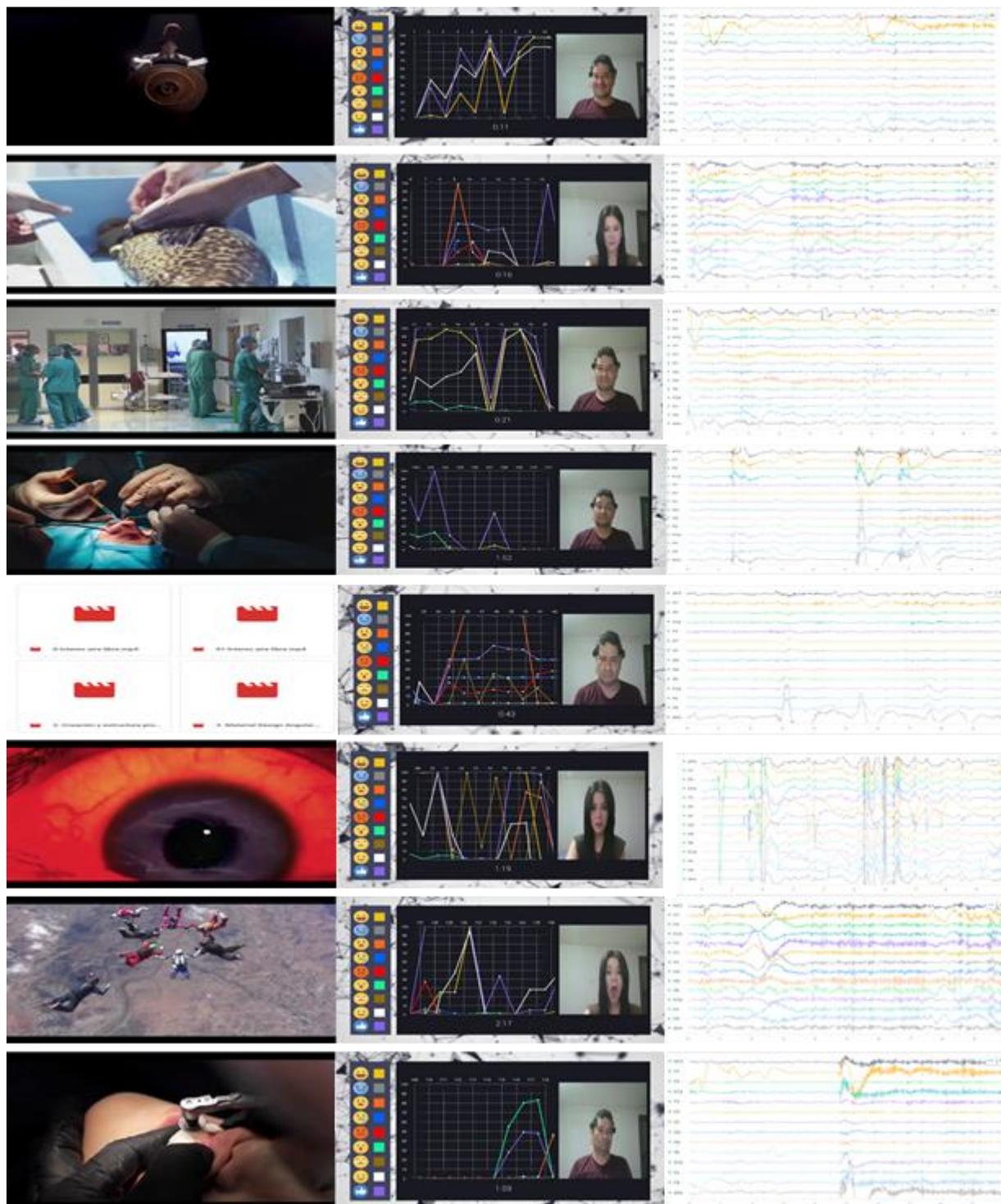
ii. Tabla 18. Promedio estados emocionales Emotiv.

Estudiante	Interés	Promedio estados afectivos EEG - datos crudos									
		Estrés	Valencia	Compromiso	Satisfacción	Enfoque	Relajación	Valencia	Canal EPOC	Compromiso	
H O M B R E S	1	79	2,740843956	0,1572207286	9,142039399	3,94473655	0,6853259078	0,1967637638	Positiva	Satisfacción	Bajo
		5	67,86039233	-0,1330041563	7,790413446	2,60378874	0,6145601966	0,1677181295	Negativa	Estrés	Bajo
	2	14	2,736480617	0,1587441532	7,399221658	4,182659333	0,599160506	0,1905793559	Positiva	Satisfacción	Bajo
		17	2,901725686	-0,1196919107	7,735956415	0,551403381	3,332319245	0,209350692	Negativa	Estrés	Bajo
		47	1,107827328	0,2019699719	8,088894857	3,012841802	0,6280735986	0,1905244663	Positiva	Satisfacción	Bajo
		0	57,12225835	-0,07723247423	8,526195734	3,179476542	0,6188951504	0,2167971724	Negativa	Estrés	Bajo
	3	45	56,76637859	-0,2516255109	17,1357212	2,925061647	0,535281544	0,2074492283	Negativa	Estrés	Bajo
		47	0,7372652857	0,1605271034	47,29383795	4,390770357	3,167169537	0,1931778473	Positiva	Satisfacción	Intermedio
		57	0,5932177347	0,2081093317	6,889879044	2,911442153	3,393016647	0,1991669598	Positiva	Satisfacción	Bajo
		0	74,88471502	-0,0980566439	7,422631302	2,876462273	0,6726367988	0,1889230195	Negativa	Estrés	Bajo
	4	7	0,5290754485	0,01160507065	20,8964195	4,895593562	3,981164319	0,2215820754	Positiva	Satisfacción	Bajo
		1	45,9533042	-0,04346784236	18,51042914	3,768460049	0,4873293711	0,1402228227	Negativa	Estrés	Bajo
	5	47	1,635321234	0,06394592453	8,653486	2,975561943	0,5768888421	0,2053246038	Positiva	Satisfacción	Bajo
		1	63,54265492	-0,1305597978	8,706757284	3,003115456	0,5097667863	0,2169655082	Negativa	Estrés	Bajo
6	47	0,531777	0,063103	5,982505	2,694324	42,812592	0,194841	Positiva	Satisfacción	Bajo	
	48	52,31371953	-0,1364002135	6,653208645	2,780959689	0,48925875	0,2004922568	Negativa	Estrés	Bajo	
	1	55,43080711	-0,1248171724	6,368681916	2,853423299	0,4892506971	0,2065350443	Negativa	Estrés	Bajo	
7	47	0,20037152	0,1286784187	7,195640616	2,84023297	0,5546926296	59,01562045	Positiva	Satisfacción	Bajo	
	2	54,53272507	-0,1255137921	7,224980564	3,000518941	0,5495147368	0,2043228812	Negativa	Estrés	Bajo	

	<b>8</b>	78	4,069776558	0,4098857882	31,75765933	99,8093336	0,5732133295	0,2645465172	Positiva	Satisfacción	Bajo	
		1	75,96440108	-0,3158857739	29,75882354	3,855446104	0,4877349224	0,1973981508	Negativa	Estrés	Bajo	
	<b>9</b>	57	2,729039273	-10,06774295	19,36850374	78,6259543	0,5649714783	0,2097803512	Negativa	Satisfacción	Bajo	
		3	78,57829283	-0,06776595652	7,756321884	3,076396111	0,7293807258	0,1907758647	Negativa	Estrés	Bajo	
	<b>10</b>	14	0,4809786846	0,0286045665	21,75201276	3,902577799	3,853993833	0,1586129064	Positiva	Satisfacción	Bajo	
		17	0,2033520713	0,01600063054	27,50726217	4,134537689	0,5827953768	0,1724640296	Positiva	Satisfacción	Bajo	
		47	2,099147562	-0,17144001	12,18974787	4,646719842	0,7575367304	0,1409482647	Negativa	Satisfacción	Bajo	
		8	42,9009595	-0,211706039	15,21561398	4,376943931	0,6842544685	0,1436854029	Negativa	Estrés	Bajo	
	<b>11</b>	8	0,6611539459	-0,2224765202	9,084063534	4,282195291	38,41711639	0,1280696368	Negativa	Satisfacción	Bajo	
		3	0,1563708493	45,10621061	10,41745757	4,116947545	0,5720647554	0,1293986771	Positiva	Satisfacción	Bajo	
	<b>M U J E R E S</b>	<b>12</b>	1	0,6140736066	0,04695882397	17,65841233	2,499720789	2,98649475	0,1466783446	Positiva	Satisfacción	Bajo
			37	67,80237255	-0,01072860965	12,566358	3,137217451	0,5106816636	0,2238349561	Negativa	Estrés	Bajo
		<b>13</b>	1	49,90007192	-0,05658039726	29,24865019	2,785362756	0,3917247442	0,18484421	Negativa	Estrés	Bajo
			8	55,45830783	-0,12680837	8,705475211	2,971588905	0,507908884	0,2105282952	Negativa	Estrés	Bajo
		<b>14</b>	0 8	0,2592494513	0,08880773282	12,71852949	2,83965945	0,6003614203	0,2096364313	Positiva	Satisfacción	Bajo
			5	9,958573013	-0,1480485867	4,26040062	2,751955858	0,5497438824	0,1853952222	Negativa	Estrés	Bajo
		<b>15</b>	4	2,062265957	0,004349387097	12,05732026	3,070509936	0,5692052075	0,2205442673	Positiva	Satisfacción	Bajo
			5	67,65736892	-0,03428181333	12,60126482	2,823425755	0,618113216	0,1778491956	Negativa	Estrés	Bajo
<b>16</b>		1	0,23652745	-0,1088404101	14,06470337	2,717995634	0,6093549318	2,369634937	Negativa	Satisfacción	Bajo	
		7	1,615181165	50,15648501	9,095495453	2,587974545	0,4483252708	0,1707690533	Positiva	Satisfacción	Bajo	
<b>17</b>		8	2,134870774	20,00715538	12,27776931	2,664050395	0,5588016364	0,1665235728	Positiva	Satisfacción	Bajo	
		7	4,215097918	-0,1462704229	31,1196275	3,026810413	0,6134421654	0,1796969652	Negativa	Estrés	Bajo	

<b>18</b>	5	2,74280742	-0,2235395902	7,813400341	47,7643625	0,5512623626	0,1588849366	Negativa	Satisfacción	Bajo
	7	57,54209494	-0,242438	7,696394722	2,647417132	0,5101773256	0,1753022647	Negativa	Estrés	Bajo
<b>19</b>	1	1,56226586	0,3156367525	7,828415579	2,803406647	0,531271843	0,1906770404	Positiva	Satisfacción	Bajo
	5	68,00202699	-0,1827768495	9,046124345	2,99998524	0,5800687153	0,2137141505	Negativa	Estrés	Bajo
<b>20</b>	8	0,1975297512	0,08144400976	9,889335493	3,005620537	0,5968257886	4,796853545	Positiva	Satisfacción	Bajo
	7	3,072560352	-0,06066743842	12,16120029	0,4307133163	0,6069694242	0,2303767188	Negativa	Estrés	Bajo
<b>21</b>	0 1	0,7599495322	0,03813584817	9,660175136	2,902238032	0,4396966	0,209319623	Positiva	Satisfacción	Bajo
	0 2	3,34772525	20,07213559	10,20562802	3,386408858	0,413269584	0,2344543288	Positiva	Satisfacción	Bajo
	12	3,206418437	35,00686539	10,12777083	62,8680256	0,4412095042	0,2202459596	Positiva	Satisfacción	Bajo
	4	69,4884808	-0,02358847418	10,40156598	3,401309433	0,4548750101	0,2421947559	Negativa	Estrés	Bajo
<b>22</b>	8	1,043823093	10,06411136	39,87983677	3,02761801	0,4459644553	0,2167022172	Positiva	Satisfacción	Bajo
	7	50,4333251	-0,2405517612	6,300660791	2,491298716	0,3907059571	0,1790966269	Negativa	Estrés	Bajo
<b>23</b>	4	0,7293636258	10,07830798	11,37631469	2,776037866	0,6086570219	0,1964987816	Positiva	Satisfacción	Bajo
	5	2,63500532	0,03428181333	12,60126482	2,823425755	0,618113216	0,1778491956	Positiva	Satisfacción	Bajo
<b>24</b>	14	0,1254529665	4,350038913	15,81073424	2,50848727	0,2488300909	0,2828498156	Positiva	Satisfacción	Bajo
	8	10,2837273	-0,7261326	6,23256	2,029813	0,32034352	0,12984934	Negativa	Estrés	Bajo
<b>25</b>	0 1	0,2712315226	3,113662889	7,244491118	2,942555596	0,5268335	0,1922304673	Positiva	Satisfacción	Bajo
	7	3,945431047	-0,2049429714	7,217915739	3,831351852	0,6785418621	0,2045415196	Negativa	Estrés	Bajo

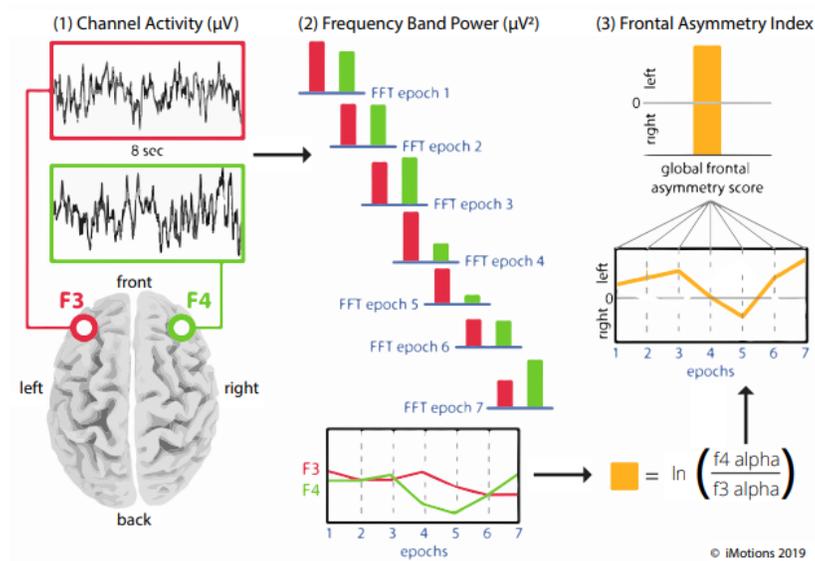
Figura 40. Aplicación del protocolo por área de interés



**Objetivo III: Evaluar el desempeño de los módulos desarrollados y la correlación multimodal de las señales emocionales obtenidas.**

Los resultados obtenidos en el análisis de REF y por el Emotiv EPOC, se correlacionaron con la prueba de preferencias vocacionales de Kuder. Se calculó el promedio de las métricas de las REF y de los canales del EPOC, esperando que los resultados obtenidos, marcaran mayor valor en emociones como la alegría, la sorpresa, el compromiso y la valencia en el canal de Satisfacción, al corresponder el protocolo del área de interés predominante del estudiante encuestado y que disminuyeran notablemente en el protocolo del área que marco un interés menor.

Emoción	Canal activo del Emotiv
<b>Compromiso y motivación</b>	<p>El índice de compromiso y motivación generalmente usa de potencia de banda:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Beta (12-25 Hz) o gamma (&gt;25 Hz)</li> </ul> <p>Particularmente en electrodos sobre regiones corticales frontales (canales F3 y F4).</p>
	<p>Los investigadores han descubierto que una mayor potencia de banda en la corteza frontal izquierda frente a la derecha indica <b>sentimientos positivos, compromiso y motivación</b> (Davidson, 2004; Schaffer y col., 1983)</p> <p>(Astolfi et al., 2008; Vecchiato et al., 2012; Yilmaz et al., 2014)</p> <p>La asimetría frontal se puede extraer de EEG con electrodos ubicados en las regiones frontales del cuero cabelludo (idealmente, F3 y F4), lo que le permite analizar los cambios a corto plazo en la motivación durante el transcurso de una presentación de estímulo.</p> <p>El nivel de compromiso se proyecta a una escala continua entre polos con valores cero (compromiso bajo) y uno (compromiso alto). Para clasificar los valores se tienen cuatro niveles de clasificación de participación creciente:</p> <p>Somnoliento [0-1], Distracción [0-3], Participación baja [0-6] y Alta participación [0-9]</p>



**Curiosidad,  
entusiasmo. alegría**

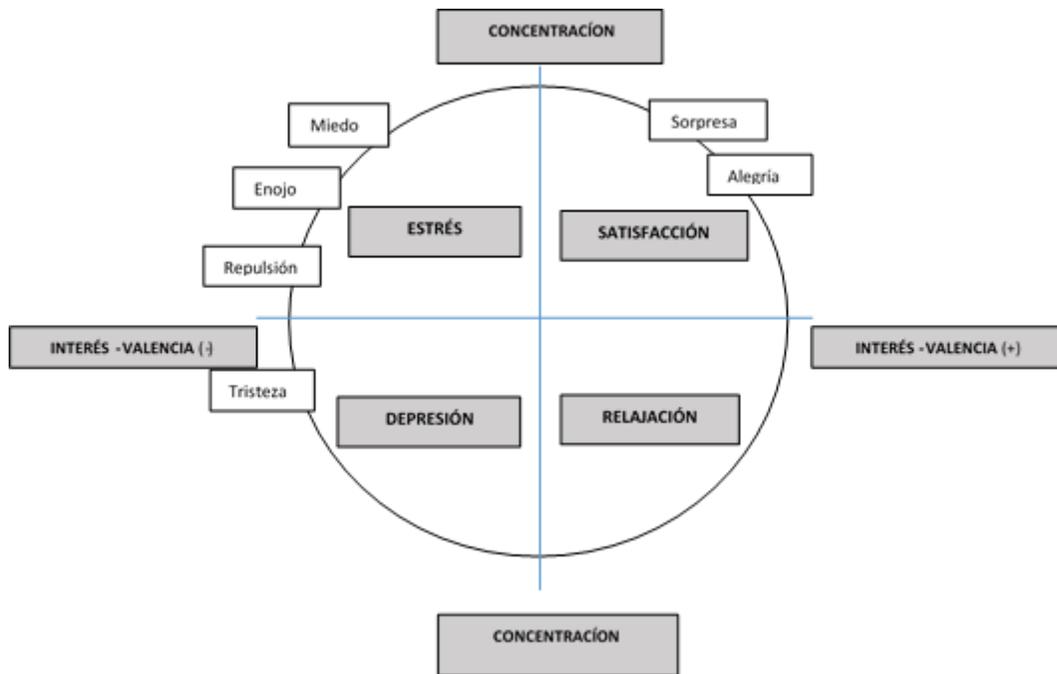
La curiosidad y entusiasmo por nuevos estímulos, se refleja en la lateralización frontal si el individuo se involucra o no le interesa involucrarse. (Harmon-Jones et al., 2010). Además, si la potencia de la banda frontal izquierda es mayor puede servir como un índice de emociones como la alegría

**Disgusto, miedo y  
tristeza**

El poder de la banda frontal derecha más grande podría indicar estados emocionales de disgusto, miedo o tristeza.

Partiendo de una adaptación del Modelo circunflejo bipolar de Russell, el cual muestra la organización de los estados emocionales a partir de dos ejes ortogonales de concentración (activación) y valencia (interés).

**Figura 41. Adaptación modelo circunflejo de Russell**



La Figura 41 permite inferir que cuanto más alto sea el valor de la emoción en el eje Y, implica un mayor nivel de concentración y caso opuesto con las emociones de menor valor. Así mismo sucede con la sensación de interés o también conocido como valencia, cuando más a la derecha se encuentre la emoción en el eje X, mayor es la sensación de agrado y caso opuesto cuando la emoción se sitúa más hacia la izquierda

En la de actividad cerebral a estímulos con una base de datos de estímulos distinguibles entre neutral y de miedo con ondas BETA, los diodos que aparecen en color rojo son los que tienen mayor actividad siendo: FC5, AF4 y FC6 (García, 2015):

Figura 42. Tomado de (García, 2015) Actividad cerebral por tipo de onda después de que los individuos son

sometidos a estímulos distinguibles como Miedo y Neutral.

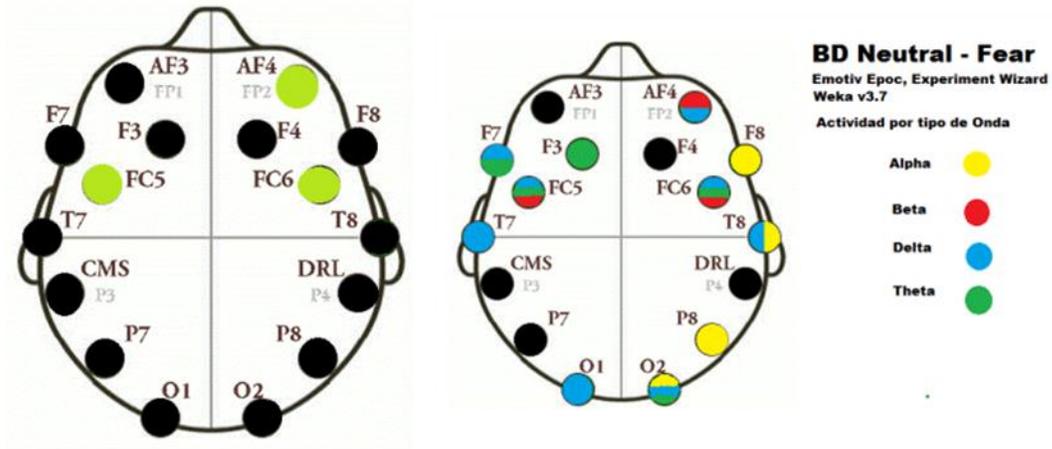


Figura 43. Tomado de (García, 2015) Actividad cerebral por tipo de onda después de que los individuos son sometidos a estímulos distinguibles como miedo y alegría

En la Figura 43 de actividad cerebral a estímulos de alegría y miedo con ondas BETA, los diodos que aparecen en color rojo son los que tienen mayor actividad siendo: F3, F8 y O1 (García, 2015):

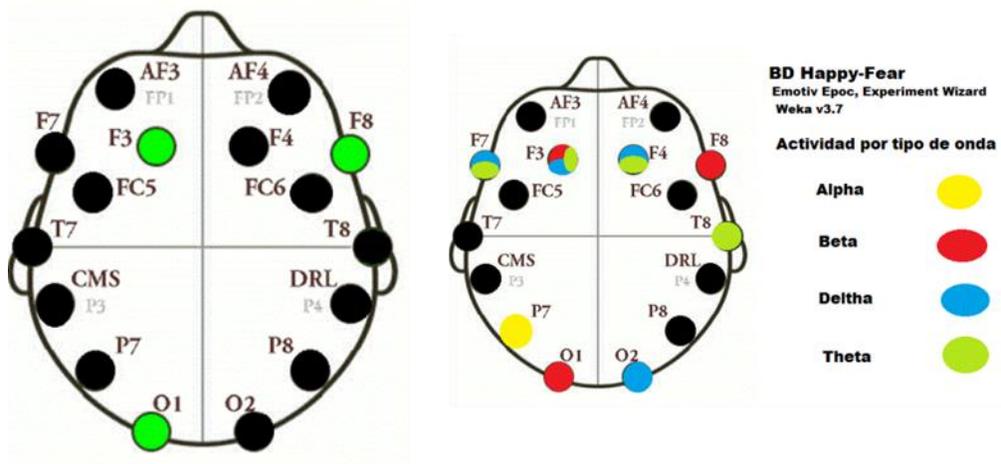


Tabla 19. Correlación entre valencia y compromiso de Emotiv y Afectiva, en relación a las áreas de interés de los estudiantes según test de Kuder.

Estudiante	Test de Kuder		Emoción predominante Afectiva	Canal EPOC	Compromiso		Correlación de Pearson	Valencia		Correlación de Pearson	Correspondencia del canal EPOC con el área de interés Test de Kuder		Correspondencia de la emoción Afectiva con el canal EPOC			
	Código	Interés			RFE	EPOC		RFE	EPOC		Sí	No	Si	No		
H O M B R E S	1	79	Alto	Sorpresa	Satisfacción	4,2609565	9,142039399	0,4977848	3,5663478	0,1572207	0,6976460	x		x		
		5	Bajo	Disgusto	Estrés	5,4772555	7,790413446		-1,5703923	-0,1330042		x		x		
	2	14	Alto	Desprecio	Satisfacción	2,9958649	7,399221658		-0,6774999	0,1587442		x			x	
		17	Alto	Desprecio	Estrés	0,6841465	7,735956415		-0,5893903	-0,1196919			x		x	
	3	47	Alto	Sorpresa	Satisfacción	2,2882462	8,088894857		0,7223377	0,2019700		x			x	
		0	Bajo	Disgusto	Estrés	5,7905760	8,526195734		-3,5188456	-0,0772325		x			x	
	3	45	Alto	Sorpresa	Estrés	22,9366131	17,1357212		-6,4860187	-0,2516255			x			x
		47	Alto	Sorpresa	Satisfacción	59,5953140	47,29383795		3,0759573	0,1605271		x			x	
		57	Alto	Alegría	Satisfacción	12,1011667	6,889879044		5,5623331	0,2081093		x			x	
		0	Bajo	Desprecio	Estrés	4,4818826	7,422631302		-4,5583787	-0,0980566		x			x	

<b>4</b>	7	Alto	Sorpresa	Satisfacción	15,9882259	20,8964195	1,9507370	0,0116051	x	x
	1	Bajo	Disgusto	Estrés	20,1066101	18,51042914	-0,2171186	-0,0434678	x	x
<b>5</b>	47	Alto	Desprecio	Satisfacción	3,0125928	8,653486	4,0888886	0,0639459	x	x
	1	Bajo	Desprecio	Estrés	7,1901739	8,706757284	-1,2752179	-0,1305598	x	x
<b>6</b>	47	Alto	Alegría	Satisfacción	7,1129303	5,982505	6,6044827	0,0631030	x	x
	48	Alto	Desprecio	Estrés	19,7496605	6,653208645	3,1338966	-0,1364002	x	x
	1	Bajo	Desprecio	Estrés	3,1781893	6,368681916	-3,8922410	-0,1248172	x	x
<b>7</b>	47	Alto	Alegría	Satisfacción	3,8196087	7,195640616	1,2740260	0,1286784	x	x
	2	Bajo	Disgusto	Estrés	1,2732316	7,224980564	-0,2567685	-0,1255138	x	x
<b>8</b>	78	Alto	Desprecio	Satisfacción	19,1731340	31,75765933	-0,9934332	0,4098858	x	x
	1	Bajo	Desprecio	Estrés	10,1183636	29,75882354	-0,5803637	-0,3158858	x	x
<b>9</b>	57	Alto	Sorpresa	Satisfacción	24,9400043	19,36850374	-11,006362	-	x	x
								10,0677430		
	3	Bajo	Desprecio	Estrés	5,9882259	7,756321884	1,9507370	-0,0677660	x	x
<b>10</b>	14	Alto	Alegría	Satisfacción	0,1496711	21,75201276	-0,1483553	0,0286046	x	x
	17	Alto	Sorpresa	Satisfacción	12,6119261	27,50726217	-0,6299999	0,0160006	x	x
	47	Alto	Sorpresa	Satisfacción	13,6996126	12,18974787	-2,0299132	-0,1714400	x	x
	8	Bajo	Desprecio	Estrés	1,4735086	15,21561398	-0,5494737	-0,2117060	x	x
<b>11</b>	8	Alto	Desprecio	Satisfacción	1,6031747	9,084063534	0,8213744	-0,2224765	x	x
	3	Bajo	Alegría	Satisfacción	0,5024294	10,41745757	-0,5515819	45,1062106	x	x
<b>M 12</b>	1	Alto	Alegría	Satisfacción	25,6192245	17,65841233	3,0783329	0,0469588	x	x

U J E R E S	37	Bajo	Desprecio	Estrés	8,2256041	12,566358	-2,6465852	-0,0107286	x	x	
	1	Alto	Alegría	Estrés	37,9066315	29,24865019	25,549814	-0,0565804	x	x	
	13	8	Bajo	Tristeza	Estrés	27,8790092	8,705475211	-1,7813606	-0,1268084	x	x
	14	0 8	Alto	Desprecio	Satisfacción	4,9797101	12,71852949	-4,0309711	0,0888077	x	x
	15	5	Bajo	Desprecio	Estrés	10,0419617	4,26040062	-7,4844918	-0,1480486	x	x
	16	4	Alto	Sorpresa	Satisfacción	0,6998246	12,05732026	-0,3657895	0,0043494	x	x
	17	5	Bajo	Desprecio	Estrés	15,7770834	12,60126482	-0,1861688	-0,0342818	x	x
	18	1	Alto	Desprecio	Satisfacción	15,7770834	14,06470337	-0,1861688	-	x	x
	19	7	Bajo	Alegría	Satisfacción	72,2059860	9,095495453	62,100353	50,1564850	x	x
	20	8	Alto	Alegría	Satisfacción	92,6873245	12,27776931	42,544319	20,0071554	x	x
	21	7	Bajo	Alegría	Estrés	46,1604500	31,1196275	24,102863	-0,1462704	x	x
	22	5	Alto	Sorpresa	Satisfacción	9,1980352	7,813400341	-8,8100872	-0,2235396	x	x
	23	7	Bajo	Desprecio	Estrés	1,0756372	7,696394722	-1,0360000	-0,2424380	x	x
	24	1	Alto	Desprecio	Satisfacción	5,3263636	7,828415579	1,3183125	0,3156368	x	x
	25	5	Bajo	Desprecio	Estrés	9,6877289	9,046124345	-6,3761673	-0,1827768	x	x
	26	8	Alto	Disgusto	Satisfacción	0,0816418	9,889335493	0,0934328	0,0814440	x	x

	7	Bajo	Disgusto	Estrés	10,4075988	12,16120029	0,0165585	-0,0606674	x	x		
	0 1	Alto	Sorpresa	Satisfacción	3,4737926	9,660175136	-1,7481031	0,0381358	x	x		
	0 2	Alto	Desprecio	Satisfacción	2,3831160	10,20562802	0,7154546	20,0721356	x	x		
<b>21</b>	12	Alto	Alegría	Estrés	7,2782516	10,12777083	56,988670	35,0068654	x	x		
							3					
	4	Bajo	Desprecio	Estrés	0,5475323	10,40156598	-0,7305194	-0,0235885	x	x		
	8	Alto	Alegría	Satisfacción	47,6624107	39,87983677	27,879276	10,0641114	x	x		
<b>22</b>							3					
	7	Bajo	Disgusto	Estrés	2,3165982	6,300660791	-0,4177319	-0,2405518	x	x		
	4	Alto	Alegría	Satisfacción	17,9877911	11,37631469	9,2742729	10,0783080	x	x		
<b>23</b>	5	Bajo	Sorpresa	Satisfacción	10,6998246	12,60126482	0,0365790	0,0342818	x	x		
	14	Alto	Sorpresa	Satisfacción	10,8452597	15,81073424	3,4024169	4,3500389	x	x		
<b>24</b>	8	Bajo	Disgusto	Estrés	4,5740347	6,23256	-0,2270454	-0,7261326	x	x		
	0 1	Alto	Alegría	Satisfacción	3,6388938	7,244491118	-3,8270121	3,1136629	x	x		
<b>25</b>	7	Bajo	Desprecio	Estrés	2,3786769	7,217915739	-2,4357355	-0,2049430	x	x		
<b>TOTAL</b>									<b>50</b>	<b>9</b>	<b>47</b>	<b>12</b>

La Tabla 19 muestra los resultados de emoción y canal predominante obtenidos de Afectiva y Emotiv respectivamente. Por cada registro se relaciona el área de interés del estudiante. Para cada estudiante se tomó un área de interés bajo y todas las áreas de interés alto que sugiriera la prueba de Kuder; razón por la cual existen 25 registros para protocolos en áreas de interés bajo y 34 registros para áreas de interés alto. Esta tabla permite comprender el acierto del sistema en la identificación de áreas de interés de los estudiantes. En la en la Tabla 22 y Tabla 23 se resume el comportamiento del sistema en cuanto a la capacidad de detectar las emociones conforme al interés del estudiante. En la Tabla 22 están los resultados para las áreas de interés bajo y en la Tabla 23 los resultados para las áreas de interés alto.

Luego de la descripción de los resultados y hallazgos identificados en el punto anterior, uno de los hallazgos más sobresalientes tiene que ver con los resultados obtenidos en la aplicación de la prueba de Kuder, donde el 44% de los estudiantes encuestados son hombres, de los cuales el 45,45% obtuvo un perfil con tres preferencias, el 36,36% un perfil vocacional con dos preferencias y apenas el 18,18% obtuvo un perfil vocacional con única preferencia.

A diferencia del 56% del resto de la muestra, que corresponde a las mujeres, donde la mayoría obtuvo un perfil vocacional con única preferencia, correspondiente a un 64,29%, el 21,43% obtuvo un perfil vocacional con dos preferencias, seguido del 14,29% de la muestra que obtuvo un perfil con tres preferencias, como se puede observar en la tabla a continuación, Tabla 20:

**Tabla 20. Clasificación por género de las áreas de interés.**

CANT. ÁREAS DE MAYOR INTERÉS	CANT. ÁREAS DE MENOR INTERÉS			
	Hombres	Porcentaje	Mujeres	Porcentaje
1	2	18,18%	9	64,29%
2	4	36,36%	3	21,43%

3	5	45,45%	2	14,29%	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>11</b>	<b>100%</b>	<b>14</b>	<b>100%</b>	<b>TOTAL</b>	<b>11</b>	<b>100%</b>	<b>14</b>	<b>100%</b>

Así mismo, se llevó a cabo el conteo de las áreas de menor interés según respuestas de la prueba de Kuder por cada estudiante, en la Tabla 21. Estudiantes clasificados por áreas de interés. se puede observar que el 100% de los hombres obtuvieron sólo un área de menor interés, mientras que el 14,29% de las mujeres obtuvieron dos áreas de menor interés y el 85,71% obtuvo un área de menor interés.

**Tabla 21. Estudiantes clasificados por áreas de interés.**

ÁREA DE INTERÉS	HOMBRES			MUJERES			TOTAL	PORCENTAJE
	1 interés	2 intereses	3 intereses	1 interés	2 intereses	3 intereses		
Musical	2	5	3				10	21,73913
Mecánico	2	-	-	5	2		9	19,56522
Persuasivo	4	2	-	2	1		9	19,56522
Servicio social	2		1	3	1		7	15,21739
Artístico plástico	1	1	-	1			3	6,52174
Trabajo de oficina	-	1	1	-			2	4,34783
Trabajo al aire libre	-	-	-	3			3	6,52174
Literario					1	1	2	4,34783
Cálculo						1	1	2,17391

En total, el 21,73% de los estudiantes encuestados, muestran una preferencia marcada por el campo ocupacional Musical, seguido por el 19,56% de los encuestados que marcaron igual preferencia por el perfil Mecánico y Persuasivo. El 15,21% evidencio preferencia por el Servicio Social, seguido por el área Artístico Plástico y Trabajo al aire libre con un porcentaje igual a 6,52%, también hubo un porcentaje menor de estudiantes,

correspondiente al 4,34% que marcaron el interés por el trabajo literario y por el trabajo de oficina y el 2,17% restante de los estudiantes, marcaron interés predominante por el área del Cálculo.

Sin embargo, si se tiene en cuenta el perfil de manera combinada en aquellos estudiantes que evidenciaron más de un área predominante. Adicionalmente, se puede señalar que estos perfiles con puntuaciones altas en dos o más escalas indican de cierta manera la presencia de dudas vocacionales, debido a que sus preferencias están relacionadas con campos ocupacionales que difieren de su actual elección profesional, es decir, la Ingeniería de Sistemas o el Tecnólogo en Análisis y desarrollo de Sistemas de información. Estos resultados indican que los estudiantes tomaron una elección profesional equivocada según sus verdaderos gustos o preferencias ocupacionales.

De manera que, sólo 12 estudiantes expresaron su interés por tres de las áreas relacionadas con lo que cursan actualmente, es decir, el área de la mecánica, el trabajo en oficina y por el cálculo. La mayoría de las estudiantes, es decir el 52%, señaló que les hubiera gustado estudiar otra profesión, no relacionada con la Programación.

De estos resultados se obtuvieron 59 posibles combinaciones según la Clasificación de las Actividades Ocupacionales resultantes de la prueba de Kuder, a las cuales se les aplico el protocolo de estimulación emocional relacionado con el área de interés. De dichas muestras se analizó el reconocimiento de emociones faciales con Afectiva y el de estados emocionales con el Emotiv EPOC+ y se encontró una correlación igual a 0,4977 entre el compromiso obtenido con la tecnología Afectiva y el Emotiv y una correlación igual a 0,697 correspondiente a la valencia entre ambas tecnologías, lo cual se puede evidenciar en la Tabla 21.

**Tabla 22. Relación entre Afectiva, Emotiv en relación con las áreas de interés alto en la prueba de Kuder.**

Kuder	Se relaciona	No se relaciona
Emotiv	28	6
Afectiva	23	11

**Tabla 23. Relación entre Afectiva, Emotiv en relación con las áreas de interés bajo en la prueba de Kuder.**

<b>Kuder</b>	<b>Se relaciona</b>	<b>No se relaciona</b>
<b>Emotiv</b>	22	3
<b>Afectiva</b>	21	4

Con las tablas anteriores se pueden obtener datos del acierto de la herramienta para detectar las áreas de interés alto y bajo en los estudiantes.

**Tabla 24. Acierto Emotiv y Afectiva en relación con la identificación de áreas de interés de Kuder**

	<b>Acierto</b>
<b>Emotiv – Kuder</b>	84.74%
<b>Afectiva - Kuder</b>	74.57%

La Tabla 24 permite identificar un acierto del 84,74% para la determinación de áreas de interés con el Emotiv y un 74,57% de acierto para la determinación de las áreas de interés con Afectiva. Estos resultados manifiestan que la metodología propuesta tiene un acierto elevado para la identificación de áreas de interés en los procesos de orientación vocacional. Las siguientes tablas permiten dar cuenta de la sensibilidad y la especificidad de la metodología propuesta.

**Tabla 25. Tabla de contingencia Emotiv vs Kuder.**

		<b>Kuder</b>	
		<i>Alto</i>	<i>Bajo</i>
<b>Emotiv</b>	<i>Satisfacción</i>	34	3
	<i>Estrés</i>	5	22

**Ecuación 1. Sensibilidad Emotiv vs Kuder**

$$Sensibilidad = \frac{34}{34 + 5} = 0.87$$

**Ecuación 2. Especificidad Emotiv vs Kuder.**

$$Especificidad = \frac{22}{22 + 3} = 0.88$$

La Tabla 25 muestra la tabla de contingencia para el reconocimiento de áreas de interés con la tecnología Emotiv en relación con la prueba de Kuder. La

Ecuación 1 muestra la sensibilidad obtenida que corresponde con un 87,17%, la Ecuación 2 muestra la especificidad que corresponde con un 88%. Estos resultados evidencian un rendimiento alto de la metodología para la identificación de áreas de interés. Para esta tecnología se aprecia una capacidad equivalente en la detección de áreas de interés alto y bajo.

**Tabla 26. Tabla de contingencia Afectiva vs Kuder**

		<b>Kuder</b>	
		<i>Alto</i>	<i>Bajo</i>
<b>Afectiva</b>	<i>Alegría- Sorpresa</i>	23	4
	<i>Desprecio-Disgusto</i>	11	21

**Ecuación 3. Sensibilidad Afectiva vs Kuder**

$$Sensibilidad = \frac{23}{23 + 11} = 0.67$$

**Ecuación 4. Especificidad Afectiva vs Kuder**

$$Especificidad = \frac{21}{21 + 4} = 0.84$$

La Tabla 26 muestra la tabla de contingencia para la identificación de áreas de interés mediante la tecnología Afectiva en relación con la prueba de Kuder. La Ecuación 3 muestra la sensibilidad asociada a esta tecnología que corresponde con un valor de 67,64%, mientras que la Ecuación 4 muestra la especificidad que corresponde con un 84%. En cuanto a la tecnología Afectiva se puede afirmar que tiene mayor capacidad para reconocer áreas de interés bajo que en áreas de interés alto.

De la Tabla 19 se desprende que los 59 casos de estudio, el 91,52% presenta una correspondencia directa entre el canal activo del Emotiv y el valor de la valencia. Donde el 47,45% de los casos obtuvo una valencia positiva con la satisfacción como estado emocional predominante y un 44,06% obtuvo una valencia negativa con el estrés como

estado emocional predominante. El 8,47% del total de los casos, no muestra una relación directa entre el canal de activación del EPOC+ y su valencia.

Finalmente, de la Tabla 19 también se puede extraer la correlación calculada para las variables de compromiso y valencia entre las tecnologías Afectiva y Emotiv. La correlación entre el compromiso de ambas tecnologías es de 0.4977, lo que significa que para ambas tecnologías las personas manifestaron procesos de atención similares. Para el caso de la valencia la correlación dio un valor de 0.6976, lo que significa que ambas tecnologías asocian de manera similar el reconocimiento de las emociones tanto positivas como negativas.

### **Fase de transición:**

En esta fase se consolidó el software para que quede a disposición de los usuarios finales. Lo anterior consiste en generar el ejecutable y los archivos de soporte. También se determinaron los requerimientos mínimos para el funcionamiento del sistema, los mismos se presentan a continuación:

- El Emotiv PRO V2.0 es compatible con los sistemas operativos Windows 10 de 64 bit y Mac OS X 10.12 o superior.
- Se necesitan como mínimo 8 GB disponibles de memoria RAM.
- Un procesador Core i5 o superior.
- Para un rendimiento de renderizado óptimo de flujos de datos, se recomienda una resolución de pantalla máxima de 1920 x 1080.
- La reducción de la resolución en pantallas 4k, 5k ayuda a mejorar significativamente el rendimiento del Emotiv PRO V2.0.

### ***Instalación del EmotivPRO:***

1. Inicie sesión en [www.emotiv.com](http://www.emotiv.com)
2. Acceda a la página [www.emotiv.com/my-account/](http://www.emotiv.com/my-account/) y de clic en la opción "Mi cuenta" del menú superior.
3. Acceda a [www.emotiv.com/emotiv-pro/](http://www.emotiv.com/emotiv-pro/) para adquirir una licencia.

4. Haga clic en "Descargas" en el menú
5. Encuentre el instalador del Emotiv, dependiendo del sistema operativo en la lista de descargas disponibles y de clic en "Descargar"
6. Ejecute el Emotiv-Installer descargado
7. Instale en el programa en la ruta por defecto o especifique la ruta donde desea instalar las aplicaciones Emotiv y de clic en **Continuar**.
8. Seleccione las aplicaciones que desea instalar. Tenga en cuenta que el servicio Cortex es esencial para el funcionamiento exitoso de EmotivPRO
9. Acepte el Acuerdo de Licencia de Usuario y espere a que el instalador descargue los archivos requeridos. Por último, de clic en **Cerrar** para salir del instalador.

***Actualización de EmotivPRO:***

La herramienta de actualización automática le avisará cuando haya una nueva versión de Emotiv disponible.

## 9 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La metodología de software RUP permitió darle orden al desarrollo del proyecto, la misma permitió concebir la herramienta construida y la consolidación de la metodología de análisis de áreas de interés de una manera incremental. La fase inicial dio cuenta de los requerimientos funcionales del sistema, esto permitió el entendimiento global de la herramienta que requería para implementar la metodología de análisis de áreas de interés. Luego, la fase de elaboración permitió generar toda la arquitectura del sistema, el diseño de las interfaces de usuario, el modelo de base de datos; en esta fase se realizaron pruebas de verificación que permitieron contemplar los posibles escenarios de falla y éxito del sistema bajo construcción. En la fase de construcción se realizaron dos grandes procesos, el primero la codificación del sistema y luego las pruebas de la metodología con estudiantes; la codificación completó la herramienta realizada y las pruebas con los estudiantes permitieron entender la utilidad del sistema y las tecnologías que lo componen a la hora de definir las áreas de interés de cada individuo y desde allí su posible perfil ocupacional. Finalmente, la fase de transición dispuso el sistema para su uso final.

El análisis de emociones obtenido de diferentes fuentes resulta una tarea ardua. Lo anterior entendiéndose la complejidad de contrastar los resultados obtenidos de diferentes fuentes. Otra dificultad está asociada con el margen temporal entre ambas tecnologías, la propuesta de esta tesis consistió en sincronizar las tecnologías mediante un tiempo de espera inicial que garantizara que el análisis de los datos se realizara en las mismas ventanas de tiempo (McKeown, 2012). Un asunto adicional surge en virtud de que cada área de interés puede estar determinada por múltiples profesiones. En este orden de ideas, los protocolos fueron contruidos de tal manera que incluyeran estímulos asociados a varias de las profesiones del área. En el momento del monitoreo de señales EEG y de RFE era necesario tener certeza de los cambios de profesión en el protocolo proyectado; los mismos fueron marcados para cada tecnología.

Los resultados sugieren que la tecnología Emotiv tiene mejores capacidades de identificar los estados emocionales referentes a los protocolos de estimulación que Afectiva. Sin

embargo, no se puede descartar la eficiencia de uno u otro método. En esta herramienta se utilizó como medida central en el análisis de RFE la emoción predominante, pero, es posible que haciendo otras métricas los datos arrojados este método exhiban de mejor manera la identificación de las áreas de interés; por ejemplo, realizando el análisis con los datos de las 6 emociones, la valencia y el compromiso o realizando combinaciones lineales de estas puede optimizarse la identificación de las áreas (Poria et al., 2017).

Otro aspecto que se observó fue que en cuanto al análisis RFE era muy importante generar un estímulo impactante, en principio se probó con imágenes, pero estas producían una respuesta plana en las personas evaluadas. Lo anterior, motivó a que los protocolos fueran contruidos mediante videos. También, fue evidente que cada persona por sus rasgos faciales producía una respuesta emocional de base en el análisis RFE, situación que dificulta la identificación de la emoción predominante. Es posible que sustrayendo el efecto de esta expresión de base el sistema de RFE pueda exhibir mejores resultados. Aspectos adicionales como líneas de expresión profundas, o el uso de artefactos como gafas interfieren en el análisis por RFE (Yin et al., 2017; Zhang et al., 2016a).

El EEG monitorea los estados cognitivos asociados con el compromiso y la motivación. Sin embargo, solo con EEG no se puede evaluar si los evaluados están expresando verdaderamente su actitud positiva en un comportamiento observable. Es por eso por lo que se debe considerar agregar el seguimiento facial y el análisis de expresión a la lista de sensores beneficiosos para su próximo estudio de EEG (Li et al., 2016; Yang et al., 2019).

El desarrollo de este proyecto permitió identificar que las personas en etapa de definir su profesión de interés habitualmente pueden abstenerse de escoger ciertas profesiones por miedos o repulsiones infundadas (Ronald & Yonima, n.d.; Wiggins & Weslander, 1977). La ejecución de la prueba de Kuder puso en evidencia áreas de interés inesperadas para las personas evaluadas, tanto en las áreas de interés alto como en áreas de interés bajo. Algunos evaluados manifestaron sorpresa ante los resultados de la prueba de Kuder y del protocolo ante áreas que originalmente descartaban.

La deserción universitaria es un problema que afecta a las instituciones de educación superior y a los estudiantes, habitualmente implica incurrir en gastos onerosos que no es posible recuperar para ambas partes. Existen varias formas de entender la deserción, por ejemplo, está la deserción temprana y tardía, también está la deserción permanente y la deserción de programa (Vergara Quintero & Perea Vargas, 2016). Cada tipo de deserción contempla una serie de consecuencias diferentes, pero en todo caso afecta al individuo en todos los aspectos personales. Sin distinguir la causa de la deserción, no cabe duda alguna, que una forma de mitigar los efectos negativos radica en la detección temprana de la falta de coherencia entre lo que desea estudiar la persona y lo que efectivamente está recibiendo en el aula. Por otro lado, la importancia de los procesos de orientación vocacional se centra en la capacidad de indicar efectivamente a la persona los escenarios en los que podría desempeñarse bien (Esteban et al., 2017; Guzmán, 2017; Valle et al., 2015).

La prueba de Kuder demostró ser capaz de extraer los gustos de las personas evaluadas. Sin embargo, siempre habrá alguna posibilidad de que la persona sienta afinidad por áreas de las que poco conoce. En este sentido la inclusión de videos sobre las diferentes profesiones complementa la capacidad del proceso orientador, pues pone de forma clara evidencias a la persona de lo que ha de encontrar en una profesión en particular (Wiggins & Weslander, 1977). Realizó un sistema de evaluación automático del test de Kuder, el mismo fue validado por un profesional en Psicología. El sistema automático demostró ser capaz de evaluar las pruebas conforme a las reglas y las plantillas de evaluación.

## 10 CONCLUSIONES

En este trabajo se desarrolló un sistema computacional basado en las tecnologías Emotiv y Afectiva para el reconocimiento emocional en protocolos de orientación vocacional. De este desarrollo se desprende la metodología de análisis de emociones para la determinación de áreas de interés conforme a lo propuesto por la prueba de Kuder. Se concibe pues una herramienta para el apoyo en los procesos de orientación vocacional con altos niveles de acierto, sensibilidad y especificidad.

La presentación de la prueba de Kuder mostró eficacia a la hora de identificar los gustos de las personas evaluadas. No obstante, la aplicación de la prueba puede tomar mucho tiempo lo que la hace incómoda para algunos participantes (Ronald & Yonima, n.d.). Esta situación se replica en múltiples pruebas de orientación vocacional, lo cual dificulta que la persona pueda mantener la atención. Si el evaluado no mantiene su atención esto podría no garantizar una respuesta idónea (Carrasquilla, 1981). En este sentido puede concluirse que un análisis basado en protocolos emocionales puede mejorar los resultados en la identificación de áreas de interés pues mejora los procesos atencionales de la persona evaluada, además que reduce los tiempos de aplicación de la prueba (Carretié et al., 2001; Wolters et al., 2013; Yang et al., 2018).

El presente trabajo sugiere que la tecnología más precisa es Emotiv, dado que es la que presenta mejor acierto en la detección de los protocolos de interés y no interés. Los errores que tuvo la tecnología Afectiva a la hora de identificar los protocolos de interés y no interés fueron errores que coincidieron con errores del Emotiv. Si bien los errores del Emotiv fueron menos que los de Afectiva, ocurrieron en los mismos registros, razón por la cual no se pudieron complementar las tecnologías.

La detección de emociones utilizando ambas tecnologías, demuestra que varían en precisión, el Emotiv tiende a ser más sensible comparado con el análisis de emociones expresadas facialmente. En adición, los estados emocionales en los cuales clasifica las emociones el Emotiv, permiten analizar que canales EEG son los que se activan, lo cual

brinda información correspondiente a la zona de la corteza cerebral según cada estado emocional (Li et al., 2015; Yan et al., n.d.; Zhang et al., 2016b). Las deficiencias de medición del sistema de REF pueden deberse a que la respuesta facial tiene un componente motor y pueden no reflejar de manera inmediata la emoción percibida por el sujeto, entre tanto, la respuesta cerebral es fidedigna, toda vez que son los procesos neuronales los que registran y procesan la emoción tan pronto es registrada por el individuo.

También puede concluirse que el campo de orientación vocacional es de vital valor para estudiantes e instituciones (Wiggins & Weslander, 1977). Si bien es un área que se viene trabajando desde el siglo pasado, tradicionalmente se ha abordado desde el conocimiento psicológico, pero los avances tecnológicos permiten vislumbrar una cooperación entre ciencias que mejore los procesos de asesoramiento. Esto redundará en mejores resultados tanto para instituciones como para estudiantes. Así pues, se determina que este trabajo es un aporte en el área.

## 11 TABAJO FUTURO Y RECOMENDACIONES

Pensando en dar continuidad a la metodología propuesta, se identificaron algunas líneas de trabajo futuro, que es necesario realizar para seguir avanzando en la mejora de la metodología propuesta. Estas líneas pueden resumirse en los siguientes puntos:

Implementar un módulo que permita gestionar diferentes tipos de prueba de orientación vocacional por el profesional del área. De tal forma que pueda actualizarlos fácilmente, garantizando la vigencia y efectividad de la prueba aplicada.

Optimizar la medida de referencia para determinar el área de interés del sujeto. En Afectiva se podría plantear hacer uso de todos los datos que corresponden a las siete emociones básicas y sus derivadas. En el caso de Emotiv también se podría explorar mezclas entre los cuatro canales para encontrar una ecuación que refleje de forma más precisa la identificación del área de interés.

Proponer protocolos que estén validados por profesionales de cada área. Si bien en esta tesis se tuvo en cuenta un panel de personas que valorarán las imágenes, dicho panel se puede optimizar utilizando un mayor número de expertos por cada área de interés.

Evaluar los casos de protocolos en los que tanto Afectiva como Emotiv no lograron hacer un reconocimiento adecuado de las emociones, esto con el fin de determinar si es problema de las tecnologías seleccionadas, del protocolo o en los resultados obtenidos en la verificación del área de interés más y menos predominante de la prueba de Kuder.

Otro trabajo futuro consiste en determinar si la unificación de los resultados de ambas tecnologías puede mejorar la identificación de áreas de interés.

Finalmente, se propone el uso de la herramienta en entornos reales de validación de orientación vocacional, para ello se propone la presentación de los protocolos de estimulación creados y determinar los que presentan mayor afinidad y menor afinidad

conforme a la respuesta emocional de la persona evaluada. Luego, de los protocolos de mayor afinidad se podrá asesorar al estudiante en sus áreas de interés.

Es preciso para completar la validación del sistema automático que las pruebas de los estudiantes sean evaluadas por otros profesionales para corroborar si las inconsistencias encontradas se deben a defectos del sistema o errores de evaluación del profesional. No obstante, la afinidad encontrada entre el sistema automático y la evaluación profesional permiten garantizar que el trabajo realizado con los protocolos tuvo validez.

## 12 REFERENCIAS

- Affectiva. (2021). *Affectiva*. Affectiva SDK: A Cross-Platform RealTime Multi-Face Expression Recognition Toolkit. <https://www.affectiva.com/>
- Algorithmia. (2017). *No Title*. Algorithmia Named a 2017 CB Insights AI 100 Company. <https://algorithmia.com/blog/algorithmia-cb-insights-ai-100-2017>
- Alzoubi, O., D’Mello, S. K., & Calvo, R. A. (2012). Detecting naturalistic expressions of nonbasic affect using physiological signals. *IEEE Transactions on Affective Computing*. <https://doi.org/10.1109/T-AFFC.2012.4>
- Azure. (n.d.). *Reconocimiento facial / Microsoft Azure*. Retrieved May 27, 2021, from <https://azure.microsoft.com/es-es/services/cognitive-services/face/>
- Barroso, C. (2014). *Implementación del algoritmo de detección de caras de viola y jones sobre una fpga*. 1–129.
- Batty, M., & Taylor, M. J. (2003). Early processing of the six basic facial emotional expressions. *Cognitive Brain Research*, *17*(3), 613–620. [https://doi.org/10.1016/S0926-6410\(03\)00174-5](https://doi.org/10.1016/S0926-6410(03)00174-5)
- Batty, M., & Taylor, M. J. (2006). The development of emotional face processing during childhood. *Developmental Science*, *9*(2), 207–220. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2006.00480.x>
- Bentin, S., Allison, T., Puce, A., Perez, E., & McCarthy, G. (1996). Electrophysiological studies of face perception in humans. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *8*(6), 551–565. <https://doi.org/10.1162/jocn.1996.8.6.551>
- Busso, C., Bulut, M., Lee, C. C., Kazemzadeh, A., Mower, E., Kim, S., Chang, J. N., Lee, S., & Narayanan, S. S. (2008). IEMOCAP: Interactive emotional dyadic motion capture database. *Language Resources and Evaluation*, *42*(4), 335–359. <https://doi.org/10.1007/s10579-008-9076-6>
- Cament, L. A., Galdames, F. J., Bowyer, K. W., & Perez, C. A. (2015). Face recognition under pose variation with local Gabor features enhanced by Active Shape and Statistical Models. *Pattern Recognition*, *48*(11), 3371–3384. <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2015.05.017>

- Campagnoli, R. R., Wieser, M. J., Gruss, L. F., McTeague, L. M., Boylan, M. R., & Keil, A. (2018). How the visual brain detects emotional changes in facial expressions: Evidence from driven and intrinsic brain oscillations. *Cortex*, *111*, 35–50. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2018.10.006>
- Carrasquilla, R. M. E. (1981). *EscaladePreferenciasVocacionalFormaCH.pdf*.
- Carretié, L., Mercado, F., Tapia, M., & Hinojosa, J. A. (2001). Emotion, attention, and the “negativity bias”, studied through event-related potentials. *International Journal of Psychophysiology*, *41*(1), 75–85. [https://doi.org/10.1016/S0167-8760\(00\)00195-1](https://doi.org/10.1016/S0167-8760(00)00195-1)
- Cohn, J. F., Reed, L. I., Ambadar, Z., Xiao, J., & Moriyama, T. (2004). Automatic analysis and recognition of brow actions and head motion in spontaneous facial behavior. *Conference Proceedings - IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, *1*(January), 610–616. <https://doi.org/10.1109/icsmc.2004.1398367>
- Derkach, D., & Sukno, F. M. (2018). Automatic local shape spectrum analysis for 3D facial expression recognition. *Image and Vision Computing*, *79*, 86–98. <https://doi.org/10.1016/j.imavis.2018.09.007>
- Douglas-Cowie, E., Cowie, R., Sneddon, I., Cox, C., Lowry, O., McRorie, M., Martin, J. C., Devillers, L., Abrilian, S., Batliner, A., Amir, N., & Karpouzis, K. (2007). The HUMAINE database: Addressing the collection and annotation of naturalistic and induced emotional data. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, *4738 LNCS*, 488–500. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-74889-2\\_43](https://doi.org/10.1007/978-3-540-74889-2_43)
- Douglas-Cowie, E., Cox, C., Martin, J. C., Devillers, L., Cowie, R., Sneddon, I., McRorie, M., Pelachaud, C., Peters, C., Lowry, O., Batliner, A., & Hönl, F. (2011). The HUMAINE database. In *Cognitive Technologies* (Issue 9783642151835, pp. 243–284). Springer Verlag. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-15184-2\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-642-15184-2_14)
- Edla, D. R., Ansari, M. F., Chaudhary, N., & Dodia, S. (2018). Classification of Facial Expressions from EEG signals using Wavelet Packet Transform and SVM for Wheelchair Control Operations. *Procedia Computer Science*, *132*(Iccids), 1467–1476. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.05.081>
- Ekman, P. (1992). Ekman 1992.pdf. In *Psychological Review* (Vol. 99, Issue 3, pp. 550–

- 553). <http://www.paulekman.com/wp-content/uploads/2009/02/Universality-Of-Emotional-Expression-A-personal-History.pdf>
- Ekman, P. (2004). Emotions revealed. In *Bmj* (Vol. 328, Issue Suppl S5). <https://doi.org/10.1136/sbmj.0405184>
- EMOTIV EPOC+ 14-Channel Wireless EEG Headset* | *EMOTIV*. (n.d.). Retrieved May 27, 2021, from <https://www.emotiv.com/epoc/>
- Esteban, M., Bernardo, A., Tuero, E., Cervero, A., & Casanova, J. (2017). Variables influyentes en progreso académico y permanencia en la universidad. *European Journal of Education and Psychology*, *10*(2), 75–81. <https://doi.org/10.1016/j.ejeps.2017.07.003>
- Eyben, F., Wöllmer, M., & Schuller, B. (2009). OpenEAR - Introducing the Munich open-source emotion and affect recognition toolkit. *Proceedings - 2009 3rd International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction and Workshops, ACII 2009*. <https://doi.org/10.1109/ACII.2009.5349350>
- Eyben, F., Wöllmer, M., & Schuller, B. (2010). OpenSMILE - The Munich versatile and fast open-source audio feature extractor. *MM'10 - Proceedings of the ACM Multimedia 2010 International Conference*, 1459–1462. <https://doi.org/10.1145/1873951.1874246>
- Fan, X., Yang, X., Ye, Q., & Yang, Y. (2018). A discriminative dynamic framework for facial expression recognition in video sequences. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, *56*, 182–187. <https://doi.org/10.1016/j.jvcir.2018.09.011>
- García, A. (2015). *Análisis de ondas cerebrales para determinar emociones a partir de estímulos visuales*. 137. <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/46639/GarciaDominguezAna.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Guzmán Gómez, C. (2017). Las nuevas figuras estudiantiles y los múltiples sentidos de los estudios universitarios. *Revista de La Educacion Superior*, *46*(182), 71–87. <https://doi.org/10.1016/j.resu.2017.03.002>
- Gwinn, O. S., Matera, C. N., O'Neil, S. F., & Webster, M. A. (2018). Asymmetric neural responses for facial expressions and anti-expressions. *Neuropsychologia*,

- 119(September), 405–416. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2018.09.001>
- Huang, X., Kortelainen, J., Zhao, G., Li, X., Moilanen, A., Seppänen, T., & Pietikäinen, M. (2016). Multi-modal emotion analysis from facial expressions and electroencephalogram. *Computer Vision and Image Understanding*, 147, 114–124. <https://doi.org/10.1016/j.cviu.2015.09.015>
- i · bug - recursos - base de datos SEMAINE*. (n.d.). Retrieved May 27, 2021, from <https://ibug.doc.ic.ac.uk/resources/semaine-database2/>
- IEMOCAP Dataset | Papers With Code*. (n.d.). Retrieved May 27, 2021, from <https://paperswithcode.com/dataset/iemocap>
- IMotions. (n.d.). *iMotions*. Retrieved May 27, 2021, from <https://imotions.com/biosensor/fea-facial-expression-analysis/>
- Jensen, O., & Mazaheri, A. (2010). Shaping functional architecture by oscillatory alpha activity: Gating by inhibition. *Frontiers in Human Neuroscience*, 4. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2010.00186>
- Jiang, M. xin, Deng, C., Shan, J. song, Wang, Y. yuan, Jia, Y. jie, & Sun, X. (2019). Hierarchical multi-modal fusion FCN with attention model for RGB-D tracking. *Information Fusion*, 50, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2018.09.014>
- Kara, O., Churamani, N., & Gunes, H. (2021). *Towards Fair Affective Robotics: Continual Learning for Mitigating Bias in Facial Expression and Action Unit Recognition*. <http://arxiv.org/abs/2103.09233>
- Kujawa, A., Hajcak, G., & Klein, D. N. (2019). Reduced reward responsiveness moderates the effect of maternal depression on depressive symptoms in offspring: evidence across levels of analysis. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 60(1), 82–90. <https://doi.org/10.1111/jcpp.12944>
- Kumar, S., Bhuyan, M. K., Lovell, B. C., & Iwahori, Y. (2018). Hierarchical uncorrelated multiview discriminant locality preserving projection for multiview facial expression recognition. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 54(May), 171–181. <https://doi.org/10.1016/j.jvcir.2018.04.013>
- Li, C., Xu, C., & Feng, Z. (2016). Analysis of physiological for emotion recognition with the IRS model. *Neurocomputing*. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2015.07.112>

- Li, X., Pfister, T., Huang, X., Zhao, G., & Pietikainen, M. (2013). A Spontaneous Micro-expression Database: Inducement, collection and baseline. *2013 10th IEEE International Conference and Workshops on Automatic Face and Gesture Recognition, FG 2013*. <https://doi.org/10.1109/FG.2013.6553717>
- Li, Y., Mavadati, S. M., Mahoor, M. H., Zhao, Y., & Ji, Q. (2015). Measuring the intensity of spontaneous facial action units with dynamic Bayesian network. *Pattern Recognition*, *48*(11), 3417–3427. <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2015.04.022>
- Liao, Z., Petridis, S., & Pantic, M. (2017). *Local Deep Neural Networks for Age and Gender Classification*. 1–16. <http://arxiv.org/abs/1703.08497>
- Mazaheri, A., & Picton, T. W. (2005). EEG spectral dynamics during discrimination of auditory and visual targets. *Cognitive Brain Research*, *24*(1), 81–96. <https://doi.org/10.1016/j.cogbrainres.2004.12.013>
- McKeown, G., Valstar, M., Cowie, R., Pantic, M., & Schröder, M. (2012). The SEMAINE database: Annotated multimodal records of emotionally colored conversations between a person and a limited agent. *IEEE Transactions on Affective Computing*, *3*(1), 5–17. <https://doi.org/10.1109/T-AFFC.2011.20>
- Navarro Gil, M., Escolano Marco, C., Montero-Marín, J., Minguez Zafra, J., Shonin, E., & García Campayo, J. (2018). Efficacy of Neurofeedback on the Increase of Mindfulness-Related Capacities in Healthy Individuals: a Controlled Trial. *Mindfulness*, *9*(1), 303–311. <https://doi.org/10.1007/s12671-017-0775-1>
- Nunez, P. L., & Srinivasan, R. (2006). A theoretical basis for standing and traveling brain waves measured with human EEG with implications for an integrated consciousness. *Clinical Neurophysiology*, *117*(11), 2424–2435. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2006.06.754>
- Olivares, E. I., Saavedra, C., & Iglesias, J. (n.d.). *Potenciales evocados como marcadores neurofisiológicos de la percepción y el reconocimiento de caras Event-related potentials as neurophysiological markers of face perception and face recognition*.
- Picard, R. W., Vyzas, E., & Healey, J. (2001). Toward machine emotional intelligence: Analysis of affective physiological state. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. <https://doi.org/10.1109/34.954607>

- Polikovskiy, S., Kameda, Y., & Ohta, Y. (2009). Facial micro-expressions recognition using high speed camera and 3D-Gradient descriptor. *IET Seminar Digest*, 2009(2).  
<https://doi.org/10.1049/ic.2009.0244>
- Poria, S., Cambria, E., Bajpai, R., & Hussain, A. (2017). A review of affective computing: From unimodal analysis to multimodal fusion. *Information Fusion*, 37, 98–125.  
<https://doi.org/10.1016/j.inffus.2017.02.003>
- Poria, S., Cambria, E., & Gelbukh, A. (2015). Deep convolutional neural network textual features and multiple kernel learning for utterance-level multimodal sentiment analysis. *Conference Proceedings - EMNLP 2015: Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*, 2539–2544. <https://doi.org/10.18653/v1/d15-1303>
- Poria, S., Cambria, E., Howard, N., Huang, G. Bin, & Hussain, A. (2016). Fusing audio, visual and textual clues for sentiment analysis from multimodal content. *Neurocomputing*, 174, 50–59. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2015.01.095>
- Poria, S., Cambria, E., Hussain, A., & Huang, G. Bin. (2015). Towards an intelligent framework for multimodal affective data analysis. *Neural Networks*, 63, 104–116.  
<https://doi.org/10.1016/j.neunet.2014.10.005>
- R., S. P., & P.V.S.S.R., C. M. (2016). Dimensionality reduced local directional pattern (DR-LDP) for face recognition. *Expert Systems with Applications*, 63, 66–73.  
<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2016.06.031>
- Romero, A., Leon, J., & Arbelaez, P. (2017). Multi-View Dynamic Facial Action Unit Detection. *Image and Vision Computing*, #pagerange#.  
<https://doi.org/10.1016/j.imavis.2018.09.014>
- Ronald, H., & Yonima, M. (n.d.). *Escala de preferencias vocacionales de kuder*.
- Rossion, B., & Boremanse, A. (2011). Robust sensitivity to facial identity in the right human occipito-temporal cortex as revealed by steady-state visual-evoked potentials. *Journal of Vision*, 11(2), 16–16. <https://doi.org/10.1167/11.2.16>
- Smith, R. S., & Windeatt, T. (2015). Facial action unit recognition using multi-class classification. *Neurocomputing*, 150(PB), 440–448.  
<https://doi.org/10.1016/j.neucom.2014.07.066>
- Sörnmo, L., & Laguna, P. (2005). Bioelectrical Signal Processing in Cardiac and

- Neurological Applications. In *Bioelectrical Signal Processing in Cardiac and Neurological Applications*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-437552-9.X5000-4>
- Stöckli, S., Schulte-Mecklenbeck, M., Borer, S., & Samson, A. C. (2018). Facial expression analysis with AFFDEX and FACET: A validation study. *Behavior Research Methods*, *50*(4), 1446–1460. <https://doi.org/10.3758/s13428-017-0996-1>
- Tai, C. H., Chung, K. H., Teng, Y. W., Shu, F. M., & Chang, Y. S. (2021). Inference of Mood State Indices by Using a Multimodal High-Level Information Fusion Technique. *IEEE Access*, *9*, 61256–61268. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3073733>
- Taylor, M. J., Batty, M., & Itier, R. J. (2004). The faces of development: A review of early face processing over childhood. In *Journal of Cognitive Neuroscience* (Vol. 16, Issue 8, pp. 1426–1442). <https://doi.org/10.1162/0898929042304732>
- Team, O. (2021). *No Title*. Computer Vision. <https://opencv.org/>
- Valle, A., Regueiro, B., Rodríguez, S., Piñeiro, I., Freire, C., Ferradás, M., & Suárez, N. (2015). Perfiles motivacionales como combinación de expectativas de autoeficacia y metas académicas en estudiantes universitarios. *European Journal of Education and Psychology*, *8*(1), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.ejeps.2015.10.001>
- Valstar, M., Mehu, M., & Scherer, K. (2012). *Meta-Analysis of the First Facial Expression Recognition Challenge*. June. <https://doi.org/10.1109/TSMCB.2012.2200675>
- Vergara Quintero, M. D. C., & Perea Vargas, D. Y. (2016). Deserción en estudiantes del Programa Plan Estudia de una universidad privada de Manizales, Caldas-Colombia. 2008-2009. *Ánfora*, *21*(37), 61–80. <https://doi.org/10.30854/anf.v21.n37.2014.23>
- Wang, Y., Shen, J., Petridis, S., & Pantic, M. (2019). A real-time and unsupervised face re-identification system for human-robot interaction. *Pattern Recognition Letters*, *128*, 559–568. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2018.04.009>
- Wiggins, J. D., & Weslander, D. (1977). Expressed vocational choices and later employment compared with Vocational Preference Inventory and Kuder Preference Record-Vocational scores. *Journal of Vocational Behavior*, *11*(2), 158–165. [https://doi.org/10.1016/0001-8791\(77\)90003-3](https://doi.org/10.1016/0001-8791(77)90003-3)

- Wolters, A. E., Slooter, A. J. C., Van Der Kooi, A. W., & Van Dijk, D. (2013). Cognitive impairment after intensive care unit admission: A systematic review. *Intensive Care Medicine*, 39(3), 376–386. <https://doi.org/10.1007/s00134-012-2784-9>
- Yan, W.-J., Wu, Q., Liu, Y.-J., Wang, S.-J., & Fu, X. (n.d.). *CASME Database: A Dataset of Spontaneous Micro-Expressions Collected From Neutralized Faces*.
- Yang, C., Wang, D., Zeng, Y., Yue, Y., & Siritanawan, P. (2019). Knowledge-based multimodal information fusion for role recognition and situation assessment by using mobile robot. *Information Fusion*, 50, 126–138. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2018.10.007>
- Yang, D., Alsadoon, A., Prasad, P. W. C., Singh, A. K., & Elchouemi, A. (2018). An Emotion Recognition Model Based on Facial Recognition in Virtual Learning Environment. *Procedia Computer Science*, 125(2009), 2–10. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.12.003>
- Yin, Z., Zhao, M., Wang, Y., Yang, J., & Zhang, J. (2017). Recognition of emotions using multimodal physiological signals and an ensemble deep learning model. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 140, 93–110. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2016.12.005>
- Zhang, J., Yin, Z., & Wang, R. (2017). Pattern Classification of Instantaneous Cognitive Task-load Through GMM Clustering, Laplacian Eigenmap, and Ensemble SVMs. *IEEE/ACM Transactions on Computational Biology and Bioinformatics*. <https://doi.org/10.1109/TCBB.2016.2561927>
- Zhang, K., Zhang, Z., Li, Z., & Qiao, Y. (2016). Joint Face Detection and Alignment Using Multitask Cascaded Convolutional Networks. *IEEE Signal Processing Letters*, 23(10), 1499–1503. <https://doi.org/10.1109/LSP.2016.2603342>
- Zhang, P., Ben, X., Yan, R., Wu, C., & Guo, C. (2016a). Micro-expression recognition system. *Optik*, 127(3), 1395–1400. <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2015.10.217>
- Zhang, P., Ben, X., Yan, R., Wu, C., & Guo, C. (2016b). Micro-expression recognition system. *Optik*, 127(3), 1395–1400. <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2015.10.217>
- Zhang, Y., Deng, R. H., Liu, X., & Zheng, D. (2018). Blockchain based efficient and robust fair payment for outsourcing services in cloud computing. *Information Sciences*, 462,

262–277. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ins.2018.06.018>

## 13 ANEXOS

[Anexo 1. Requerimientos funcionales del sistema](#)

[Anexo 2. Interfaces Sistema de análisis Multimodal de emociones UAM](#)

[Anexo 3. Tablas descriptivas de los casos de uso](#)

[Anexo 4. Resultado evaluación profesional prueba de Kuder](#)

[Anexo 5. Resultado evaluación automatizada generada por el sistema implementado](#)

[Anexo 6. Resultado de emociones tecnología Afectiva](#)

[Anexo 7. Resultados de emociones tecnología Emotiv EPOC+](#)

[Anexo 8. GIF generados por el sistema de la aplicación de protocolo](#)