

Pruebas Descriptivas para Sistema de Poligrafía Basado en la Respuesta del Sistema Nervioso Autónomo y Sistema Nervioso Central

Pablo Ruiz López, Rodrigo Hernández Millares, Olivia G. Alegría Vázquez, Félix D. Herrera Hidalgo
A01335986@itesm.mx, A01215692@itesm.mx, A01171002@itesm.mx, A01214769@itesm.mx
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey
Campus Ciudad de México
Ingeniería Biomédica

I. INTRODUCCIÓN.

El proceso cognitivo de engañar (debido a sus implicaciones legales, clínicas y morales) ha sido estudiado por varios años desde finales del siglo XX; actualmente se han realizado numerosos estudios enfocados en las técnicas utilizadas para detectar el engaño (Yonelinas (2002); Verschuere & De Houwer (2011); Vahid Abootalebi et. al (2006); Seymour, T. L., & Fraynt, B. R. (2009); Sartori, Agosta, Zogmaister, Ferrara, & Castiello, (2008); Nelson (2015); Honts, C. R. (1997); Harrison and colleagues (1978); Farwell et. al (2001); Comerchero (1999); Allen and colleagues (1992); Abrams and Weinstein (1974); Abrams (1974)); muchos de estos han enfocado su trabajo a plantear diferentes técnicas (incluido el uso de diferentes sistemas de medición de variables fisiológicas) que puedan tener una aceptación científica para poder así, tener el apoyo de este tipo de procedimientos en la toma de decisiones cuando un evento delictivo sucede o se pretende evaluar la confiabilidad de las personas para evitar los riesgos que vulneren el patrimonio, la seguridad de las empresas, entre otros ejemplos.

Actualmente, las técnicas utilizadas para dichos propósitos son las evaluaciones poligráficas; las cuales han sido ampliamente discutidas por la comunidad científica a nivel global dada la creencia popular de que el polígrafo es un sistema que permite detectar la mentira o el engaño, lo cual es falso, pues el polígrafo es un instrumento de medición que permite monitorear y registrar las reacciones fisiológicas del sistema nervioso autónomo (SNA) de una persona ante diferentes estímulos que pueden estar relacionados a un caso en específico de engaño, donde el porcentaje de precisión en la detección se encuentra en un .89 en un rango de confiabilidad entre el .85 - .95 (Nelson (2015)); o cuando se diseñan para obtener información que pueda revelar alguna característica o antecedente del sujeto que sea relevante, con un porcentaje de precisión de un .85 en un rango de confiabilidad entre el .77 - .93 (Nelson (2015)). De tal forma que las pruebas poligráficas son una herramienta que permite detectar con un grado de precisión mayor al azar cuando una persona se conduce de forma veraz o no; teniendo el inconveniente de carecer de una confiabilidad mayor a .90, una reproducibilidad de resultados y validez de criterio (Nelson (2016)).

Algunas de las premisas y responsabilidades fundamentales de los profesionales en poligrafía es que se

tienen que evitar a toda costa las contramedidas en las pruebas, minimizar la cantidad de falsos positivos, caer en procedimientos que no puedan ser probados, que dependan de juicios subjetivos o intuición que no permita comparar los resultado contra un criterio externo (Nelson (2016)); es por ello que, dadas las implicaciones que pueden tener los resultados de estas pruebas en un individuo y considerando que la aplicación de las mismas, es una realidad en diferentes países; así como también el gran interés de diferentes agencias (en parte por los acontecimientos terroristas en Estados Unidos de América en el 2011 (Ewot H. Meijer et. al (2016)), es necesario desarrollar nuevas técnicas, o innovar en las existentes con el objetivo de ampliar el entendimiento de lo que es la psicofisiología del engaño, y de esta forma, hacer de las prácticas poligráficas una herramienta cada vez más sustentada por la ciencia reconocible; logrando como resultado una mejor aplicación práctica que pueda proteger los derechos de los individuos sometidos a este tipo de procedimientos y a su vez ayudar a las instituciones a tomar mejores decisiones en eventos específicos o procedimientos de rutina que requieran del apoyo de evaluaciones poligráficas.

El objetivo del proyecto es desarrollar un protocolo de experimentación y paradigmas simples para cada prueba (SNA, EEG y fMRI) que pueda proveer las circunstancias idóneas para simular un engaño lo más genuino posible y obtener la respuesta fisiológica ante diferentes estímulos. Por otro lado, se propone la creación de una herramienta tecnológica que consiste en el desarrollo de software para la adquisición, procesamiento y análisis de las señales fisiológicas para una evaluación basada en criterios matemáticos automatizados; con la finalidad de brindar una mayor validez científica a las pruebas poligráficas mediante un buen manejo tanto de las variables fisiológicas (o canales) medidas actualmente en las pruebas poligráficas (EDA, respiración torácica, ECG y pulsioximetría (REFERENCIA JAPON)) como las adicionales utilizadas recientemente como: electroencefalografía (EEG) y pruebas de resonancia magnética funcional (fMRI)). La integración de estas mediciones puede traer como beneficio el revelar actividad eléctrica y metabólica de la corteza cerebral en una situación relacionada al proceso cognitivo de engañar para poder así, acercar la investigación actual a poder demostrar que la técnica poligráfica pueda tener concordancia con otras áreas de la ciencia.

Se busca que los canales de medición propuestos en la investigación arrojen resultados interpretables que sean menos dependientes de la interacción humana (dentro de lo posible); que pueda revelar datos cuantitativos del porcentaje de precisión en este tipo de evaluaciones y que contribuya en el desarrollo de la investigación en la ciencia de la psicofisiológica aplicada en la detección del engaño mediante el diseño de un protocolo experimental que pueda ser reproducible y que esté basado en la teoría previa de la poligrafía, actividad electroencefalográfica y técnicas de imagen aplicadas en este campo y que a su vez pueda ser adaptable para diferentes evaluaciones.

La herramienta computacional estará diseñada para poder generar una base de datos donde se encuentren los registros de las diferentes señales fisiológicas en crudo y diseñar una plataforma de procesamiento de las mismas que puedan ayudar a la calificación de las pruebas; para que éstas sean cada vez más dependiente de las herramientas computacionales y menos del juicio subjetivo o interpretación humana.

II. MARCO TEÓRICO.

Las **evaluaciones poligráficas** consisten en el registro en tiempo real de diferentes variables fisiológicas de forma no invasiva que están directamente relacionadas con la respuesta simpática del SNA; dicha respuesta es evocada o inducida mediante diferentes estímulos (por lo general auditivos, en forma de preguntas) que tienen relación con un evento específico presentado a un potencial sospechoso o preguntas que evalúan ciertos aspectos morales de un individuo no conocido. La forma de evaluación de gráficos puede variar de acuerdo a la práctica o el objetivo de la misma. Una de las formas de calificación es el método ESS (por sus siglas en inglés *Empirical Scoring System*) descrito por [Raymond Nelson et. al \(2011\)](#); en donde, en un intento de simplificación, consiste en asignar un valor a cada canal y sumar ciertas ponderaciones impuestas por el evaluador de acuerdo a la comparación (en amplitud, por ejemplo) de diferentes señales adquiridas en ese canal en distintos tipos de estímulo; de tal forma que al final, se estima un Gran Total derivado de la sumatoria de los valores ponderados y partiendo de los puntos de corte establecidos, conforme al nivel de confianza deseado, se indica un resultado categórico de actividad veraz o no veraz durante la prueba.

A pesar de que el método ESS tiene una validez estadística basada en los resultados de diferentes aplicaciones ([Nelson \(2015\)](#); [Nelson et. al \(2011\)](#)), tiene una gran componente de juicio subjetivo del evaluador que se encarga de calificar los gráficos; de tal forma que una de las tendencias en este campo (en empresas punteras en el tema como *Lafayette System's*, por ejemplo) es automatizar la forma en la que se da la calificación de gráficos utilizando el propuesto OSS-3 (por sus siglas en inglés *Objective Scoring System* versión 3) el cual consiste en algoritmos basados en modelos matemáticos que puedan dar un veredicto ([Nelson et. al \(2008\)](#)). De tal forma que la innovación o las propuestas se puede ver que se dirigen hacia la automatización de este tipo de sistemas para hacer de las técnicas poligráficas una herramienta más confiable.

La **Prueba de Información Oculta** (CIT, por sus siglas en inglés *Concealed Information Test*) es un paradigma utilizado en combinación con variables fisiológicas del SNA ([Raskin, Honts, & Kircher \(2014\)](#); [Reid & Inbau \(1977\)](#)) y lo utilizan ampliamente diversas agencias gubernamentales ([Meijer & van Koppen \(2008\)](#); [Raskin & Honts \(2002\)](#)). La teoría fundamental basada en los resultados obtenidos en las pruebas CIT radica, en terminos simples, en que las respuestas fisiológicas del examinado culpable serán distintas a las del examinado inocente en ciertos estímulos que prueben la relación (en ocasiones, única) del sujeto con el crimen o el evento por el cual se está realizando el estudio de poligrafía. Estudios de laboratorio extensivos han confirmado esta relación ([Ben-Shakhar and Elaad \(2003\)](#); [Bruno Verschuere et. al \(2009\)](#)). Estas técnicas a pesar de ser ampliamente utilizadas, tienen ciertas limitantes importantes debido a que, entre otras razones no llegan no se llega a un .95 de confiabilidad en los resultados experimentales, y se vuelve difícil su aplicación práctica. De tal forma que no son admitidas como evidencia en juicios penales, más que en Japón, donde la prueba CIT junto con la medición de variables del SNA es el paradigma estándar usado por la Policía Nacional Japonesa en investigaciones criminales ([Tokihiko Ogawa \(2015\)](#)).

Existen muchas técnicas de evaluación para la detección del engaño, no obstante, la prueba CIT es por mucho de las más aceptadas por la comunidad en los trabajos académicos enfocados en la detección de la mentira ([National Research Council, \(2003\)](#); [W.G. Iacono \(2011\)](#); [Patrick \(2011\)](#)).

Es necesario invertir tiempo en el diseño ambiental en este tipo de investigaciones para poder así aumentar la validez ecológica (a pesar de que pueda ser complicado experimentar en la práctica); nos referimos a esto: el paradigma utilizado también tiene que ser validado y se tiene que evitar afirmar que estará diseñado para detectar una mentira directa, para ello se tendría que tener un gran conocimiento de los factores cognitivos involucrados en el proceso de engañar. Para entender cada vez más este proceso, se requiere necesariamente el estudio de la actividad cerebral disponible con un método de detección no invasivo. Este es uno de los retos más grandes de la investigación actual ([Ewot H. Meijer et. al \(2016\)](#)) y por ello se propone desarrollar una plataforma de software que pueda, complementando diferentes canales, aportar al conocimiento. Aunado al desarrollo tecnológico está el diseño de un paradigma diferente basado en la simulación de una situación de interacción social en donde el sujeto se incrimine a sí mismo eligiendo una caja que contendrá o no un objeto con una probabilidad inicial de .5 y variable conforme se vayan seleccionando las cajas. Esta manera de elegir a los sujetos de prueba y de no tener conocimiento de quién es la muestra control y la muestra objetivo **[0]** propone una componente de aleatoriedad, mas nunca se afirmaría un fenómeno estocástico.

Es plausible enfocar esfuerzos en mejorar los paradigmas utilizados en las pruebas de tipo CIT y estandarizarlas para obtener resultados validados por el método científico.

En cuanto al estudio de la psicofisiología del engaño, se han involucrado muchas áreas de la ciencia en este rubro: una

de ellas es la aplicación de estudios de imagenología médica como la **Resonancia Magnética Funcional** (fMRI, por sus siglas en inglés *Functional Magnetic Resonance Imaging*”).

Estudios recientes se han enfocado en la evaluación del cerebro para poder localizar las áreas que se encuentran involucradas cuando los sujetos caen en comportamientos poco veraces o de engaño. Durante la última década se han publicado estudios analizando y trabajando en esta idea, y en al menos tres diferentes intentos se ha utilizado la resonancia magnética funcional (fMRI) como técnica de detección de mentiras en la corte de los Estados Unidos (Martha J. Farah (2014)).

En los trabajos académicos realizados utilizando técnicas de imagen para la evaluación de metabolismo en el cerebro, se ha solicitado a los sujetos de prueba que mientan en respuestas específicas, así como también que contesten de manera veraz en otras preguntas permitiendo a los investigadores realizar una comparación entre ambas respuestas. Los encargados de analizar los resultados se dan a la tarea de ubicar las regiones cerebrales que muestran mayor activación metabólica en el proceso del engaño. Las áreas ubicadas se correlacionan con el proceso cognitivo de engañar y las que proveen de más activación en respuestas no veraces son: corteza prefrontal, corteza del cíngulo anterior, y la corteza parietal (Martha J. Farah (2014)).

De la misma manera, en algunos otros trabajos realizados por personas de neurociencia y derecho, se ha buscado obtener una relación entre todos los diferentes estudios realizados utilizando resonancia magnética funcional y los resultados obtenidos son que: a pesar de que las áreas mencionadas anteriormente son las que muestran factores más repetitivos, no existe un área en común que aparezca en todos los estudios desarrollados, por lo que proponen que las áreas del cerebro que se activan en estos procesos pudieran tener más que ver con la actividad a realizar que por un engaño *per se*. Aunque si mencionan mayor actividad metabólica cuando se pide a los sujetos de estudio a engañar, que cuando se les pide dar respuestas veraces (Martha J. Farah (2014)).

La técnica de resonancia magnética funcional en el área de la detección del engaño solo ha sido estudiada en ambientes controlados, pidiendo a los participantes engañar de manera forzada (adquirir una mentira de laboratorio), por lo que se cree que no se han dado los fundamentos necesarios para poder validarlo como una técnica que pueda buscar respuestas no veraces según las áreas de activación, además de que se piensa que esta técnica es sumamente vulnerable cuando se habla de contramedidas para poder dar falsos negativos en la prueba (D. Marks et al. (2005)). De tal forma que los diseños de protocolos experimentales actuales centran su metodología en evitar la selección de la muestra control y objetivo de manera predeterminada. De igual forma la tendencia es el diseño de paradigmas que tengan pocas componentes sensoriales (la menor cantidad de estímulos que requieran de gran decodificación para seguir instrucciones determinadas).

En estudios académicos realizados se ha logrado obtener un .90 de probabilidad de encontrar respuestas no veraces, así como un .86 de especificidad (Simpson (2008)). A pesar de los resultados que se han obtenido, se conocen importantes limitaciones con esta técnica como lo es la

cooperación del sujeto, por lo que en una situación fuera de un estudio de laboratorio la persona podría no estar dispuesta a someterse a este tipo de estudios. De igual forma, en todas las investigaciones se ha usado a sujetos de prueba sin ninguna condición mental, o que consuman algún medicamento o sustancia que pudiera afectar el estudio, además de que los participantes han sido seleccionados en un estricto rango de edades, por lo que se busca llevar esta técnica a escenarios más reales para poder validar la prueba ante instituciones científicas y gubernamentales (Simpson (2008)).

Según la “National Institute of Health” debido a que las técnicas de imagenología logran localizar la fuente de las señales cerebrales, éstas pudieran llegar a tener mucho mayor porcentaje de acierto en la detección del engaño que las pruebas poligráficas o de electroencefalograma. Aunque se plantean grandes limitantes en cuanto a estas técnicas (como las ya antes mencionadas), lo cual trae como resultado la búsqueda en diferentes países de dar un mayor acercamiento a esta técnica para que pueda ser considerada como una posible evidencia en juicios, no solo una técnica menor para la contratación de empleados o apoyo en la toma de decisiones (Langleben (2013)).

De tal forma, para evitar someter a los sujetos a realizar tareas que requieran de hacer uso de la memoria o activar diferentes áreas cerebrales que tengan que ver con la toma de decisiones, es necesario plantear un protocolo de experimentación y un paradigma en donde se reduzcan los factores sensoriales y el requerimiento de una tarea mental para así poder evaluar de forma cercana, el proceso de engañar; dado que la evidencia sugiere que las técnicas de imagen pueden ser un mecanismo viable para la detección de la mentira (Matthias Gamer et al. (2009)).

Otra de las tendencias utilizadas en la propuesta de métodos destinados a la detección del engaño son los estudios realizados enfocados en la obtención de **Potenciales Relacionados a Eventos (PRE's)**; estos son registros de actividad eléctrica en el cerebro obtenidos mediante estimulación sensorial continua o procesamiento de información, en un contexto determinado. Su atributo más ventajoso es su alta resolución en el tiempo, ya que los cambios eléctricos que se generan en el cerebro se propagan casi instantáneamente hacia la superficie (The Oxford Handbook of Event-Related Potentials Components (2012)).

La P300 es una onda positiva con una distribución de amplitud en el cuero cabelludo siendo mayor parietalmente en Pz [1], menor frontalmente en Fz y tomando valores intermedios en el centro Cz (Rosenfield et. al (2013)). Su pico tiene una latencia típica de 300-1000 ms desde el inicio del estímulo (Rosenfield et. al (2013)). La CIT en ocasiones utiliza la amplitud P300 como un índice de reconocimiento de información oculta.

En la prueba CIT (también conocida como GKT) basada en P300, hay tres tipos de estímulos típicos:

Relevantes (R): se relacionan con la información oculta y tienen gran probabilidad de ser únicamente conocidas por la persona culpable y las autoridades.

Control (C): son estímulos “distractores” que no tienen que ver con el caso investigado y que por ende, no producen

ningún cambio en el sujeto de prueba. Estos estímulos en la prueba poligráfica están presentes (en una de sus aplicaciones) para garantizar que el sujeto continúe poniendo atención a las instrucciones y para dar espacio de relajamiento ante preguntas ‘hostiles’ [2] en pruebas exploratorias, por ejemplo.

Objetivo (O): son estímulos irrelevantes que son ajenos al caso pero se pide que se sigan instrucciones en específico cuando aparezcan, todos los sujetos deben apegarse a estas reglas. Estos estímulos en la prueba poligráfica están presentes (en una de sus aplicaciones) para garantizar que el sujeto continúe poniendo atención a las instrucciones y para dar espacio de relajamiento ante preguntas ‘hostiles’ [2] en pruebas exploratorias, por ejemplo.

El supuesto básico en la CIT basado en la P300 y en respuesta del SNA es: si el sujeto tiene relación o conocimiento culposo relacionado con detalles de la investigación; dada la naturaleza del estímulo R y la aparición muy poco frecuente de los elementos incluidos hará que se produzca una componente P300 evocable y por lo tanto, puede inferirse que se detectará actividad eléctrica en la corteza cerebral ante la presentación de estos estímulos (Rosenfield et. al (2013); Farewell et. al (2001, experiment 1)).

Convencionalmente hay 2 enfoques en el análisis y la detección del engaño en la CIT utilizando potenciales neuronales. En la primera usada por Rosenfield et. al (2013), se comparan los artefactos R y C, en un sujeto culpable, uno espera R mayor que C mientras que en los sujetos inocentes no se espera ninguna diferencia. A este método se le conoce como “Bootstrapped Amplitude Difference (BAD)”.

El segundo enfoque que fue propuesta por Farewell et. al (2001, experiment 1) se basa en la espera de que, en la persona culpable, los estímulos R y O deberían evocar una respuesta similar de P300, mientras que, en un sujeto inocente, las respuestas R se verán más parecidas a las C. Este método se conoce como “Bootstrapped correlation difference” (BCD). En sujetos culpables la correlación R-O debería exceder a la R-C mientras que en los sujetos inocentes se espera exactamente lo opuesto (Farewell et. al (2001, experiment 1)). Una de las características es el desarrollo de paradigmas adecuados para la obtención de diferentes PRE's, de tal forma que es importante considerarlos al momento de hacer el planteamiento del protocolo experimental.

La CIT basada en potenciales neuronales es potencialmente vulnerable, debido a que si un sujeto está entrenado a engañar, pueden prevenir la detección por PRE's (Abootalebi, Hassan, Khalilzade (2008)). De tal forma que vale la pena detectar actividad electroencefalográfica adicional a la adquisición de PRE's en una secuencia temporal distinta para evaluar actividad eléctrica en las diferentes bandas frecuenciales y no exclusivamente en la banda de PRE's de 0.1 a 30 Hz (The Oxford Handbook of Event-Related Potentials Components (2012)).

En la lucha para disminuir las componentes sensoriales, de memoria y toma de decisiones, se han realizado diversos estudios que caracterizan la respuesta de los estímulos relacionados a este tipo de procedimientos neuronales, donde se ha encontrado componentes que son más relevantes cuando se

habla de procesamiento de memoria, como lo son la P300 y la N400. La N400 es también es un indicador de que el sujeto percibe una incongruencia semántica (Terol, Álvarez, Noelia Melgar, Manzanero (2014); The Oxford Handbook of Event-Related Potentials Components (2012)). De tal forma que, si se logran distinguir diferentes estímulos como los mencionados y se logra excluirllos mediante algoritmos de discriminación, será cada vez más posible diferenciarlos de una respuesta exclusiva del proceso de engañar (si es que existe tal cosa).

El estudio de la actividad eléctrica de la corteza cerebral pone de manifiesto que vale la pena adquirir este tipo de información para así poder darle un análisis a diferentes componentes temporales y frecuenciales de la señal; para lo cual la adquisición de los datos tiene que ser efectiva y el ambiente en donde estos se procesen debe de ser el correcto, de igual forma, existen estudios relacionados con adquirir potenciales diferentes a la P300, lo cual indica que existe información relevante adicional (Rosenfield et. al (2013)).

Dado que el paradigma de la prueba SNA no tiene las repeticiones necesarias para evocar componentes como los PRE's (dada su especificación temporal) se procurará que el estímulo prueba presentado sea lo suficientemente significativo para los sujetos de prueba; es decir, captar su atención de forma efectiva para poder obtener una componente analizable, y en su defecto, poder encontrar alguna información adicional en las diferentes bandas de EEG que puedan estar relacionadas al proceso de engañar mediante un procesamiento efectivo de la señal..

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

De acuerdo con investigaciones realizadas desde finales del siglo XX hasta la fecha, los resultados obtenidos de las pruebas poligráficas tipo evento específico y pruebas exploratorias, no sobrepasan un nivel de confiabilidad del .95; lo que deriva en un problema si es que se desea tomar las pruebas de poligrafía como base para la toma de decisiones. Asociado con lo anterior, el método de evaluación para pruebas poligráficas (aunque es realizada por profesionales en el área entrenados para evaluación de gráficos) son muchas veces cuestionados dado que la subjetividad del evaluador puede entrar en juego al momento de analizar y dar los resultados.

En todo desarrollo de proyectos, es posible que la propuesta experimental (el diseño del protocolo y el paradigma) esté mal planteado o puede descuidar ciertos aspectos fundamentales que ponen de manifiesto una validez cuestionable; lo cual lleva a un análisis de datos basados en un modelado de fenómenos diferentes a los objetivos iniciales; lo cual, da pie a una confirmación/refutación de hipótesis con base en criterios poco fundamentados.

JUSTIFICACIÓN

Dadas las implicaciones legales, morales y clínicas que puede tener este tipo de técnicas, se considera importante poder desarrollar una herramienta que dependa cada vez menos de la subjetividad del evaluador mediante el uso de tecnologías y herramientas de hardware y software, que ayuden a arrojar resultados más certeros que deriven en el aumento de la confiabilidad de las pruebas así como aumentar en el entendimiento de lo que es verdaderamente la tarea cognitiva de engañar para así, poder reducir la cantidad de falsos positivos

u otros errores que puedan comprometer los derechos de las personas sometidas a este tipo de evaluaciones y apoyar de manera sustentada a las instituciones que decidan implementar estas medidas.

Es necesario hacer una correlación entre las diferentes técnicas conocidas para identificar engaños, por lo tanto, identificar las señales fisiológicas, así como la actividad cerebral directamente relacionada con el engaño podrá brindar un análisis más completo y preciso.

De igual importancia se encuentra la necesidad de desarrollar paradigmas y protocolos adecuados que puedan establecer de forma correcta que los resultados obtenidos en la investigación estén directamente relacionados con el fenómeno a medir y no con otras componentes que den lugar a falsos positivos o mediciones interpretadas de manera incorrecta.

V. OBJETIVOS

1. Diseñar un protocolo experimental y paradigmas que nos permitan evaluar las respuestas fisiológicas en personas motivadas a engañar para obtener un beneficio. Que los paradigmas puedan ser adaptables para necesidades afines, así como reproducibles en diferentes ambientes. El protocolo debe cumplir con la mínima estimulación sensorial al sujeto de pruebas y la muestra utilizada debe de mantener una componente de aleatoriedad en la mayoría de los aspectos.
2. Poder diseñar una base de datos que sea capaz de almacenar diferentes registros en crudo provenientes de mediciones de respuestas fisiológicas del SNA, EEG y estudios de imagenología médica (fMRI).
3. Realizar los algoritmos, utilizar los programas de adquisición y formato (BIOPAC System, OpenVibe, Osirix, DCM2nii gui) y utilizar las librerías (Cogent, EEGLab y SPM) para poder darle un procesamiento a las señales que pueda proveer de datos útiles para una visualización y correlación de las mismas.

VI. HIPÓTESIS

Dado el carácter experimental y de investigación del proyecto, no se establece una hipótesis formal; sin embargo, si se puede esperar un cambio en la respuesta del SNA en sujetos tratando de engañar la evaluación a su vez que una diferencia en la actividad metabólica durante el registro de la prueba de fMRI.

VII. METODOLOGÍA

Se realizaron mediciones poligráficas y de EEG utilizando una prueba de tipo CIT y se efectuaron estudios de fMRI basados en el mismo paradigma (adecuados a la diferencia en la respuesta metabólica cerebral). Con el fin de efectuar lo anterior, fue imperativo contar con sujetos de prueba dispuestos a colaborar con la investigación y a someterse a las pruebas mencionadas.

La *American Polygraph Association* (APA por sus siglas en inglés) ha publicado un artículo llamado "*Model Policy for the Evaluation of Examinee Suitability for Polygraph Testing*" ([American Polygraph Association \(2012\)](#)) [3], en donde se establecen las principales características de un sujeto de prueba idóneo para la examinación poligráfica.

Apegándose a dicho documento, los sujetos de prueba que se buscaron evaluar en esta investigación tuvieron que estar en un rango de entre 18 y 40 años de edad, no estar

diagnosticadas con psicosis o retraso mental severo, tuvieron que tener un coeficiente intelectual (IQ por sus siglas en inglés) mayor a 55, así como buena salud, es decir, no padecer enfermedades cardíacas, neurológicas, alguna discapacidad o cuestión sintomática (dolor o fatiga extrema) que les impida concentrarse en la prueba o llevar a cabo de buena forma las instrucciones.

La muestra fue de 24 participantes (n=24), de sexo indistinto (14 hombres y 10 mujeres) y pertenecen a distintos círculos sociales, lo que involucra que no tuvieran algún tipo de conexión social, familiar o académica. Lo anterior también se justificó con el hecho de que es necesaria una varianza estadística en la muestra ([Nelson \(2015\)](#)), así como también se buscó evitar que existan alteraciones en la prueba, provocadas por divulgación del protocolo experimental.

Los integrantes del equipo en la investigación fueron los encargados de conseguir los sujetos de prueba, en ellos recayó la responsabilidad de poder asegurar su cooperación y asistencia a todas las etapas del proyecto. Además, se ofreció una remuneración económica por participar en todas las pruebas (100 MN, pesos mexicanos) que contribuyeron para mejorar el compromiso de los sujetos de prueba.

Las pruebas se desarrollaron en 5 principales etapas, las cuales se describen y enumeran a continuación.

1. Introducción y entrevista previa (Del 30 de enero de 2017 al 7 de febrero de 2017) [4].

1.1 Introducción:

En ésta el equipo de trabajo se puso en contacto con los potenciales sujetos de prueba y se concretó una reunión (presencial o vía telefónica) para explicarle los procedimientos a realizar, así como las características fundamentales del protocolo de experimentación; una vez aceptada su participación (de forma verbal), se les envió el consentimiento informado [5] vía e-mail (el 7 de febrero de 2017) y se les pidió que lo leyeran antes de llevar a cabo las siguientes etapas.

1.2 Entrevista previa:

Se les habló sobre todas las pruebas que se llevarían a cabo y se agendó su participación de acuerdo a la agenda propuesta para el proyecto, se les informó (de nueva cuenta) acerca de los puntos tocados en el consentimiento informado y se aseguró su conocimiento del mismo al momento de firmarlo de manera física (donde aceptaron su participación de forma escrita).

2. Pruebas de idoneidad para candidatos a ser sujetos de prueba (sábado 11 de febrero de 2017 en ITESM, Tiempo estimado: 5 horas):

En esta etapa de la investigación, se realizaron las pruebas relacionadas con las condiciones de salud apropiadas, coeficiente intelectual y edad media (prueba Terman-Merril) [6]. Estas fueron realizadas por un psicólogo que no tenía conocimiento de la investigación en curso, quien tuvo la instrucción de revelar si el candidato es idóneo para la prueba.

Los resultados de esta prueba no fueron revelados al equipo de trabajo para fines comparativos, estos parámetros únicamente revelaron cuando el candidato fue idóneo y contar con la muestra necesaria (en el caso de que

un candidato a sujeto de prueba fue rechazado, se le informó sobre la situación y se procedió a realizar la búsqueda de un reemplazo, para mantener una muestra de 24 personas).

2.1. Cuestionario médico básico:

Se realizó un cuestionario médico [7] que ayudó a descartar enfermedades o condiciones especiales como recientes cirugías que tuvieron secuelas, trastornos de desarrollo, problemas cardíacos o neuronales, entre otros. De igual manera, en este examen se evaluó que el candidato no presentara problemas de visión, claustrofobia, objetos metálicos implantados que no les permitan someterse a un campo magnético y algunas otras características necesarias para la prueba fMRI [8].

Todas estas pruebas tienen la finalidad de evitar situaciones que puedan influir en los resultados, brindar contratiempos o que impidan al sujeto de prueba a realizar la evaluación poligráfica, de EEG o el estudio de fMRI. También es importante cumplir con las recomendaciones, en cuanto a medicamentos, que la APA realiza. En el apartado 6.2 del artículo "*Model Policy for the Evaluation of Examinee Suitability for Polygraph Testing*" ([American Polygraph Association \(2012\)](#)), se considera que las personas que requieren administración de medicamentos múltiples con prescripción, pueden ser consideradas como marginalmente aptas para las pruebas poligráficas. Para realizar esta labor, se les entregó el cuestionario de forma escrita para que cada sujeto lo llenara.

2.2. Prueba de Coeficiente Intelectual y Edad Media:

De acuerdo al apartado 5.3 del artículo "*Model Policy for the Evaluation of Examinee Suitability for Polygraph Testing*" ([American Polygraph Association \(2012\)](#)), los sujetos con retraso mental severo y/o IQ con medición menor a 55, no fueron candidatos para realizar pruebas poligráficas en ellos. El test utilizado para determinar este punto, también fue capaz de proporcionar datos relacionados con la equivalencia de edad, de acuerdo al apartado 4.1.1 del artículo "*Model Policy for the Evaluation of Examinee Suitability for Polygraph Testing*" ([American Polygraph Association \(2012\)](#)), la madurez funcional, la cual deberá ser mayor a 12 años, fue considerada más importante que la edad cronológica. Esto, con el único fin de garantizar que el sujeto de prueba fuese capaz de seguir instrucciones con la destreza necesaria y en el orden y tiempo especificado.

3. Sesión de interacción con los sujetos de prueba (sábado 18 de febrero de 2017 en ITESM, Tiempo estimado: 3 horas):

En esta parte del protocolo, el equipo involucrado en la investigación se reunió con los sujetos que cumplieron con las características de idoneidad. La actividad se realizó en dos salones contiguos en las instalaciones del Tecnológico de Monterrey, Campus Ciudad de México. Cada uno de estos salones tuvo una finalidad específica que

se detalla posteriormente. Ambos salones debieron de contar con condiciones adecuadas (temperatura adecuada, buena iluminación, espacio suficiente que permita movilidad) para lograr una buena explicación de lo que serán las siguientes etapas y el desarrollo de las mismas. El salón 1, sirvió para la concentración de los sujetos y explicación de la Dinámica de Experimentación; el salón 2, fué el escenario para llevar a cabo dicha dinámica. Este último, estuvo ambientado de manera estratégica para que los sujetos de prueba logaran identificar señales visuales, espaciales y otras características distintivas fáciles de redactar y recordar.

Esta actividad fue de fundamental importancia ya que, a partir de ella, los sujetos se vieron involucrados en una serie de hechos que dieron pauta a la variación en los resultados. La parte central de este apartado, consistió en simular una situación lo más cercana a la realidad posible, de manera que los eventos acontecidos en el salón 2 estuviesen lo más próximo a lo que son las interacciones sociales cotidianas.

La actividad previa a la llegada de los sujetos de prueba al salón 1 y 2 se basó en lo siguiente:

- Se adecuó el salón 2 (previo a la llegada de los sujetos de prueba), de tal forma en que se pudieran colocar 24 cajas (con características iguales) sobre lugares con colores diferentes.
- De las 24 cajas de dimensiones idénticas, 12 contuvieron objetos iguales con características específicas como color, denominación y características únicas. Las otras 12 cajas se encontraron vacías; es importante mencionar que los objetos podrán caber en la caja, de tal forma que no hubo manera de distinguir en donde se encuentra cada uno de ellos y el lugar donde se encuentren las 12 cajas con objetos será el mismo (por ejemplo, todos sobre una silla verde).
- Se realizaron 24 tarjetas con el nombre de cada uno de los sujetos de prueba [9].

Una vez que se realizaron las actividades anteriores, se procedió a recibir a los sujetos de prueba.

3.1. Explicación de la Dinámica de Experimentación:

Los sujetos se presentaron brevemente realizando una dinámica introductoria, con el fin de comprobar que la muestra tiene la menor red de vínculos posible. Además, junto con expertos en el área, se les explicará acerca de las Pruebas SNA (poligrafía), EEG y de fMRI de manera que se sientan seguros al realizar estas pruebas y conozcan más a detalle en qué consiste cada una de ellas; también se les explicarán las acciones que tendrán que realizar, así como las consecuencias futuras [10] que estas tendrán. Lo anterior se detalla a continuación:

- Obtuvieron una tarjeta con su nombre.

- Entraron al salón 2 y elegirán de forma visual una sola caja (no pueden elegir varias, no la podrán tocar, ni mucho menos mover de lugar).
- Una vez que hayan eligieron su caja, colocaron la tarjeta sobre ella y se retiraron del salón 2 sin más instrucción.
- Ya que todos los sujetos se retiraron, volvieron al salón 1 y esperaron su turno. Se pasó a cada sujeto de prueba, uno por uno y de forma aleatoria, al salón 2. Esta vez, se les pidió que observaran a detalle el sitio en donde se encuentra su caja y que la abran. En caso de encontrar un objeto en el interior, examinarlo de manera minuciosa y memorizar las características. Posterior a esto, salir con la caja cerrada y el objeto dentro **[11]**.
- Cada uno de los sujetos tuvieron indicaciones claras de que en el caso de que haya encontrado un objeto en la caja **tendrá que ocultar en todo momento** (en todas las etapas) que el objeto está en su posesión. Se le dará el incentivo de que en el caso de que el sujeto de prueba logre ocultar que este tiene el objeto, se podrá quedar con él **[12]**. De igual forma se indicó que en el caso de confesar en la prueba o revelar a cualquier otro sujeto que este tiene el objeto, no podrá quedarse con él y no podrá participar en las demás etapas de la prueba, así como también se le explicarán las consecuencias y la merma que tendría la investigación en el caso de que se incurra en cualquiera de estas actividades **[13]**.

3.2. Dinámica de Experimentación:

Ya que los sujetos hayan sido informados, se procedió a realizar la actividad. Un integrante del equipo de investigación que no tenga conocimiento de donde se encuentran las cajas con objetos dentro será el encargado de supervisar la actividad de los sujetos dentro del salón número 2.

3.3. Narración de la experiencia por parte de los sujetos de prueba:

Al final, se le pidió a cada uno de los sujetos de prueba que relate por escrito la experiencia vivida en el 3.2 (incluyendo todos los detalles relevantes); en este retrato se le pedirá que describa las características del objeto y que describa el lugar en donde encontró el mismo de forma detallada; de tal forma, que se le pedirá al sujeto de prueba que lea esta confesión antes de realizar las siguientes pruebas. En esta fase se le dió al sujeto la remuneración económica correspondiente cuando acceda a la realización de la evaluación.

4. Prueba SNA y EEG (Del 8 de marzo de 2017 al 18 de abril de 2017 en ITESM, Tiempo estimado: 45 minutos)

Las pruebas se realizaron en un ambiente controlado que esté libre de distracciones que puedan interferir con la atención del sujeto de prueba durante la aplicación de las preguntas y las mediciones de las variables. Estas variables se midieron con el equipo

Biopac Systems MP36 y serán: Conductancia de la piel, respiración torácica, ECG, movimientos voluntarios con EMG. El registro de encefalografía se realizará con el equipo *G-Tech* y se registrará la actividad de 16 electrodos de acuerdo al sistema 10-20. Si el sujeto de prueba es agendado para realizar esta etapa habiendo pasados más de 48 horas, se le pidió que antes de presentar la prueba lea con atención y de forma repetida el escrito elaborado en el punto 3.3 (esto para aligerar un poco la componente de memoria).

Etapas de la prueba poligráfica y de EEG:

4.1 Prueba EEG:

En cuanto al paradigma y el desarrollo de la prueba EEG se presentaron estímulos visuales en forma de imágenes con una secuencia de pulsos se presentaron estímulos visuales en forma de imágenes con una secuencia de pulsos con un orden en específico de despliegue basado en la teoría de los potenciales relacionados a eventos, los estímulos se presentaron haciendo uso de la librería COGENT de MATLAB. El sujeto de prueba tuvo la tarea de responder “sí” o “no” haciendo uso de teclado en caso de reconocer el objeto o siguiendo las condiciones indicadas en la prueba. Esta prueba tuvo una duración de 7 minutos.

En esta prueba los aparatos de medición y el software de adquisición fueron la utilización de la consola GTEC para la adquisición de electroencefalografía, OpenVibe para el registro de la señal y algoritmos realizados en MATLAB para el registro de las respuestas en el paradigma. Como se mencionó anteriormente, todas las pruebas se realizaron en ambientes controlados homogéneos dentro de las instalaciones del ITESM-CCM.

4.2 Entrevista SNA:

En la entrevista se tiene que procurar una conexión del sujeto de prueba con la evaluación que garantice su cooperación; de igual forma, en esta etapa se explicarán los procedimientos a realizar durante la evaluación poligráfica y se darán las indicaciones precisas del procedimiento en específico. De acuerdo a los estándares de práctica de la APA, en esta etapa se tiene que informar claramente el propósito de dicha prueba; “...el examinador tiene que identificar y discutir los asuntos bajo investigación y las áreas de problema potencial. En esta etapa se explicarán todas las pruebas a realizar y el objetivo de cada una de ellas.” ([American Polygraph Association, Standards \(2015\)](#)). Las pruebas se realizarán para cumplir con los puntos 4.1.1, 4.4 y 4.7 del artículo “*Apa Standards of*

Practice (Effective September 1, 2015)" [14]
(American Polygraph Association, Standards (2015)).

4.3 Evaluación de Pre-Test:

Se seguirá el protocolo establecido en el artículo "*Apa Standards of Practice (Effective September 1, 2015)*": pag. 7 punto 1.6, (American Polygraph Association, Standards (2015)).

4.4 Evaluación Poligráfica (SNA):

Se siguió el protocolo establecido en el artículo "*Apa Standards of Practice (Effective September 1, 2015)*": pag. 7 punto 1.7, (American Polygraph Association, Standards (2015)).

En el punto 1.7.2 del artículo "*Apa Standards of Practice (Effective September 1, 2015)*": pag. 7 punto 1.6, (American Polygraph Association, Standards (2015)) se establece la posibilidad de modificar los protocolos para las evaluaciones con el fin de mejorarlas. Las técnicas que no cumplan con los estándares se considerarán como experimentales.

Durante la prueba se hicieron las preguntas relevantes (RQ's), control (CQ's) y objetivo (OQ's). En las RQ's se harán algunas preguntas en donde se pueda vincular al sujeto de prueba en evaluación con algunos de los acontecimientos relevantes (esto es, ocultar el objeto). En las CQ's se incluirán los objetos y en las NQ's se realizaron preguntas que no tienen que ver nada con el contexto evaluado y que, por ende, se espera que no provoquen ninguna reacción en el organismo y que, a su vez, nos permita evaluar la colaboración del sujeto de prueba en el momento donde se haga la pregunta. El set de preguntas [15] está estructurado de tal manera que son varias repeticiones de bloques que contienen una secuencia de tipo CIT.

Para formular las preguntas se siguieron las recomendaciones establecidas en los documentos consultados para el diseño de las preguntas a realizar [16].

5. Prueba fMRI (Del 8 de marzo de 2017 al 18 de abril de 2017 en CI3M, 15 minutos)

La prueba de imagen se realizó cumpliendo con las especificaciones ambientales que establece el documento (tal) y las reglas internas del CI3M.

Se utilizó el mismo paradigma que se realiza en las Prueba SNA con el objetivo de evaluar la misma respuesta a estímulos similares, para evitar la adecuación de los sujetos de prueba a las preguntas, se propuso cambiar el orden de las mismas (siguiendo con la estructura NQ-CQ-RQ) y garantizar que no las haya memorizado, de tal forma que se evitara una respuesta automática. Cabe mencionar que el criterio para determinar quién presente la prueba de fMRI y después la de poligrafía-EEG (o viceversa) fue aleatorio.

Si el sujeto de prueba es agendado para realizar esta etapa habiendo pasados más de 48 horas, se le pidió que antes de presentar la prueba leyera con atención y de forma repetida el escrito elaborado en el punto 3.3 (esto para aligerar un poco la componente de memoria).

VIII. RESULTADOS

En el apartado siguiente se muestran los resultados obtenidos después de haber realizado los paradigmas diseñados para cada una de las pruebas correspondientes.

1. Pruebas de fMRI

Para los datos obtenidos de la resonancia magnética, se realizó un análisis por medio del software MATLAB y la librería SPM. En las imágenes se muestran los resultados finales después de que se realizó un realineado, una normalización y un suavizado de estas. Estas imágenes son resultado de un mismo tipo de preguntas, con ayuda de la librería es posible hacer la separación de la activación cerebral que tuvo cada sujeto de prueba para cada tipo de pregunta.. Como resultado se obtiene la imagen anatómica con las áreas cerebrales (resaltadas) que presentaron mayor activación o metabolismo, después de haber hecho una promediación de todas las preguntas de una misma clasificación. Estas áreas mencionadas pueden ser analizadas en el plano sagital, coronal, y transversal del cerebro. La imagen 8.1.1 muestra las áreas de activación cerebral que presentó un sujeto de estudio para el tipo de preguntas control. En la figura 8.1.2 se observar estas mismas áreas relacionadas con la estructura anatómica del sujeto que igualmente fue obtenida por los estudios de resonancia magnética.

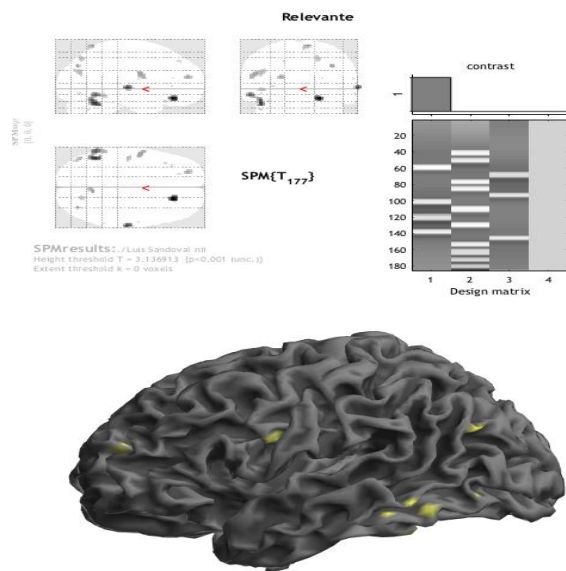


Figura 8.1.1 – Áreas de activación cerebral para la pregunta control

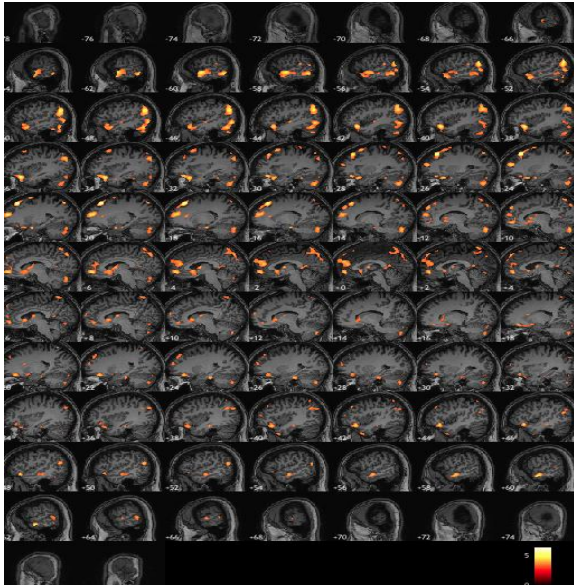


Figura 8.1.2 – Áreas de activación en el planosagital

2. Pruebas de SNA

Los resultados obtenidos de SNA corresponden a las imágenes mostradas en esta sección. Se obtuvieron diferentes variables para cada canal adquirido durante la prueba de poligrafía. Todos los procesamientos de la señales se hicieron separando en ventanas de tiempo que involucraron la misma clasificación de preguntas. Para el canal de ECG se obtuvieron los tiempos entre R-R así como la frecuencia instantánea para cada bloque de preguntas. En la Figura 8.2.1 se muestran las gráficas correspondientes a las 2 valores adquiridos en el canal de ECG.

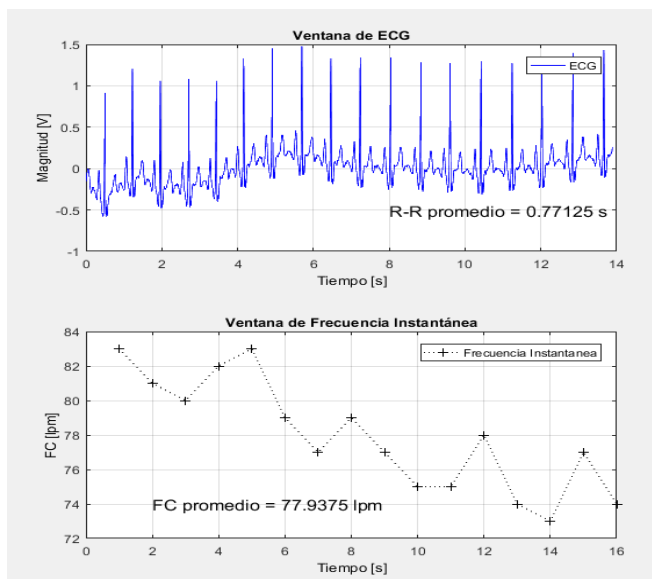


Figura 8.2.1 – Gráficas del intervalo R-R y Frecuencia Cardíaca promedio adquiridas durante la prueba de poligrafía

Para el canal EDA se obtuvo la latencia así como el punto máximo al que llega la señal para cada ventana de tiempo

adquirida. En la Figura 8.2.2. se observa la señal de EDA correspondiente a una ventana de tiempo, con su latencia y punto máximo desplegados.

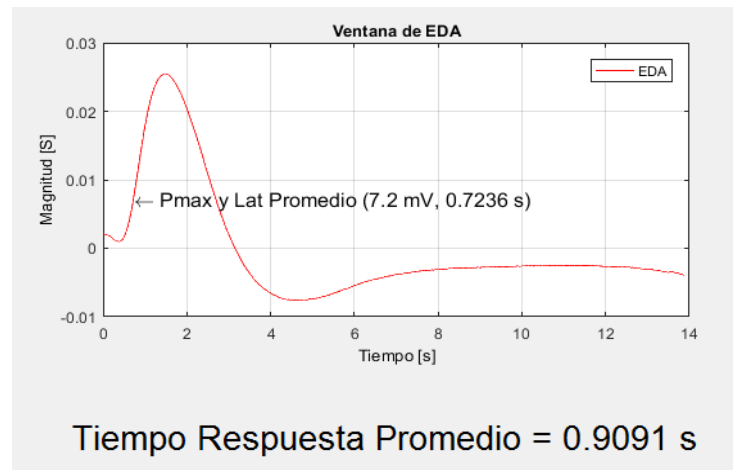


Figura 8.2.2 – Gráfica de la latencia promedio para la señal de EDA

Para el canal de respiración se obtuvieron gráficas correspondientes a la potencia de densidad espectral, de igual forma se obtuvo la transformada de fourier en tiempo de la respiración del sujeto. En la Figura 8.2.3 se muestran las 2 diferentes imágenes obtenidas como resultado del procesamiento del canal de respiración.

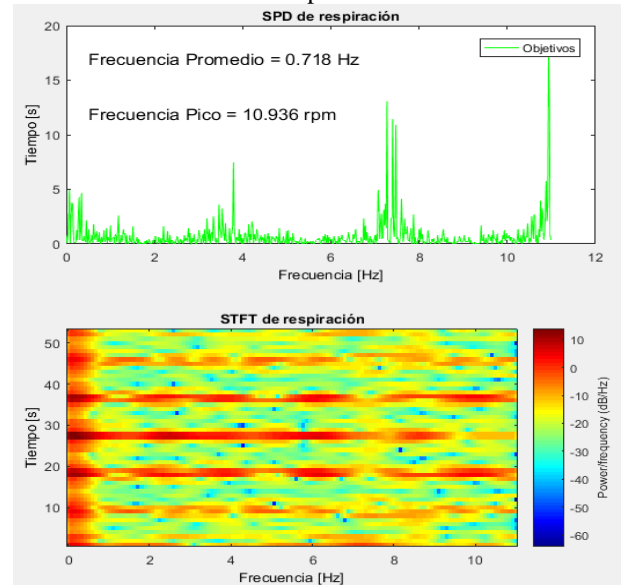


Figura 8.2.3 – Gráfica SPD y STFT para la respiración

Para el canal de pletismografía se logró obtener los puntos máximos, de la señal además de obtener el volumen de presión sanguíneo de la señal de pulso del sujeto de prueba. En la Figura 8.2.4 se observa la gráfica correspondiente al resultado del procesamiento de la señal de pletismografía.

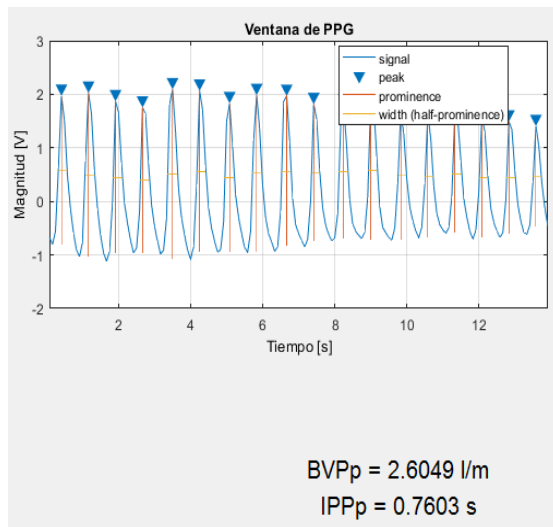


Figura 8.2.4 – Gráfica correspondiente a la señal de pletismografía

3. EEG

En el EEG obtuvimos las señales electroencefalográficas de los 16 canales utilizados como se puede observar en la Figura 8.3.1

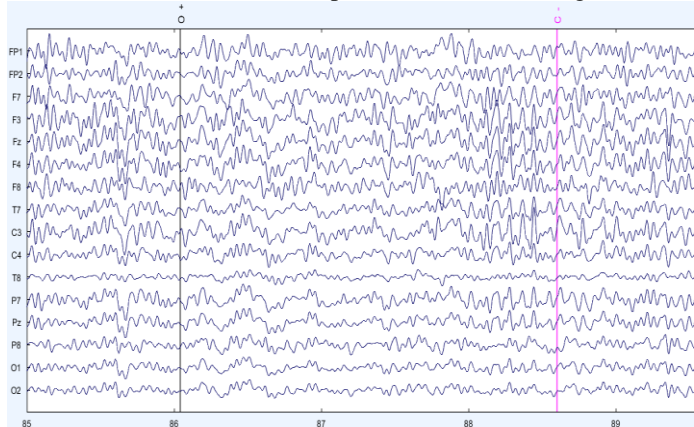


Figura 8.3.1 – EEG obtenido de un sujeto de prueba aleatorio

Se procesó el EEG obtenido para cada sujeto de prueba, de tal forma que se pudieran observar potenciales relacionados a eventos, y a su vez se pudo obtener cada uno de estos. En las siguientes imágenes se pueden observar ambas cosas. La Figura 8.3.2 muestra los potenciales relacionados a eventos obtenidos y posteriormente la Figura 8.3.3 presenta la gráfica de uno de ellos seleccionado de manera aleatoria.

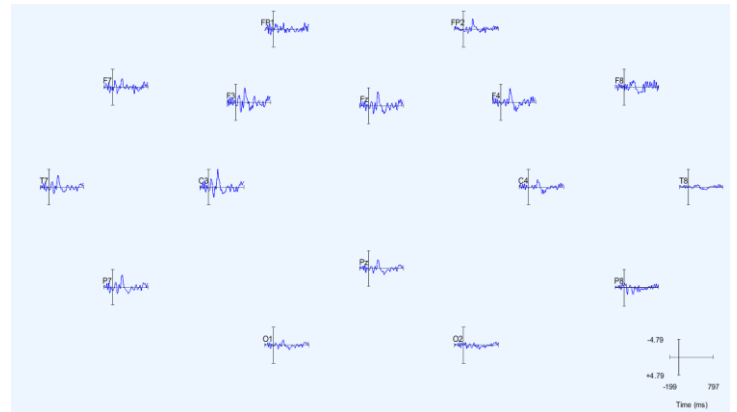


Figura 8.3.2 – Potenciales relacionados a eventos

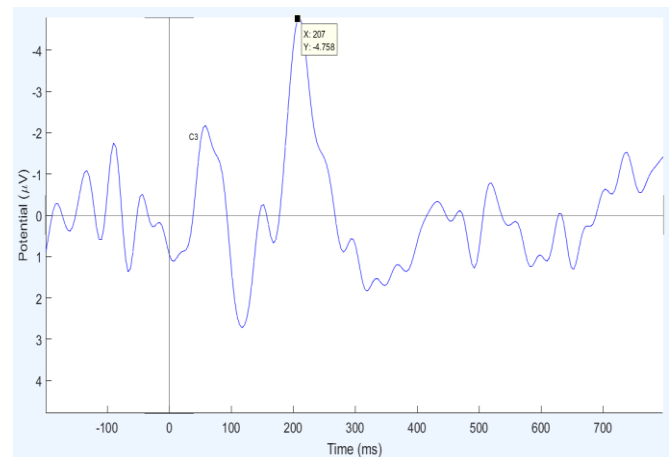


Figura 8.3.3 – Gráfica de un potencial relacionado a eventos
En la gráfica anterior se puede observar la amplitud de la señal y de esta forma se pueden comparar las diferentes amplitudes de los diferentes PRE's para en un futuro poder determinar la actividad veraz o no veraz de los sujetos de estudio.

4. Interfaz Gráfica

La interfaz gráfica programada almacena todas las señales procesadas. En esta es posible la selección de cualquiera de las diferentes pruebas y la clasificación de la pregunta que se desea analizar. En las Figuras 8.4.1 y 8.4.2 se muestran las pantallas de inicio y despliegue de algunas características de las señales.

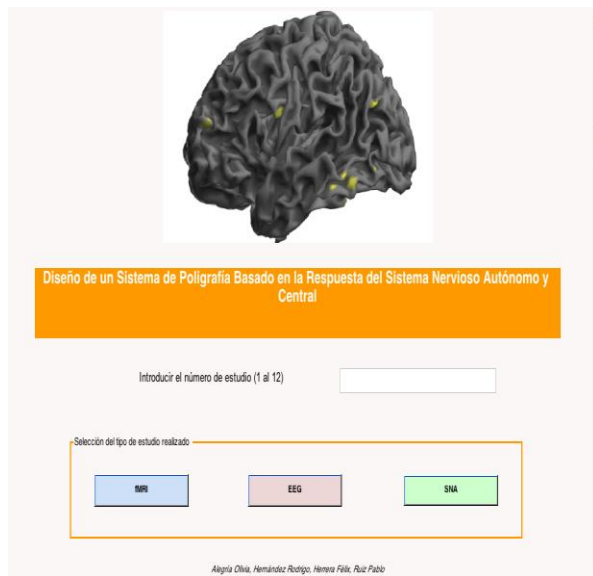


Figura 8.4.1 – Pantalla de inicio de la Interfaz Gráfica

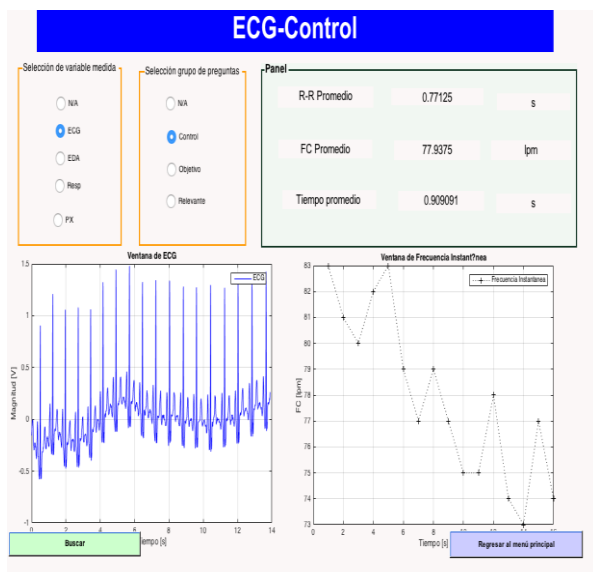


Figura 8.4.2 – Pantalla de despliegue de las señales obtenidas

IX. CONCLUSIÓN

Se logró diseñar un protocolo de experimentación basado en la detección del engaño. Mediante la medición de biopotenciales e imágenes de resonancia magnética funcional, se pudo instrumentar una herramienta tecnológica basada en una interfaz gráfica de usuario, base de datos y

metodología propuesta que permita una mejor adquisición, procesamiento, análisis y un mejor almacenamiento de los datos provenientes de los estudios que pueda contribuir al posterior análisis de variables; lo cual es fundamental para poder caracterizar el proceso cognitivo de engañar.

A partir del trabajo realizado se dejan las bases necesarias para que en un trabajo futuro sea posible hacer un análisis en el que se podrá establecer si existe una correlación entre las diferentes pruebas, que pueda verse reflejado en el desarrollo de una técnica precisa y fundamentada de las variables fisiológicas involucradas en el engaño.

X. REFERENCIAS

- [1] Abrams, S. & Weinstein, E. (1974). The validity of the polygraph with retardates. *Journal of Police Science and Administration*, 2, 397-66.
- [2] Abrams, S. (1974). The validity of the polygraph with schizophrenics. *Polygraph*, 3, 328-337.
- [3] Allen, J., Iacono, W. G., & Danielson, K. D. (1992). The Identification of Concealed Memories Using the Event-Related Potential and Implicit Behavioral Measures – a Methodology for Prediction in the Face of Individual-Differences. *Psychophysiology*, 29(5), 504-522.
- [4] American Polygraph Association (2015). APA STANDARDS OF PRACTICE (Effective September 1, 2015). APA Magazine.
- [5] American Polygraph Association (2012). Model Policy for the Evaluation of Examinee Suitability for Polygraph Testing. Electronic version Retrieved dec 2016, from <http://www.polygraph.org>
- [6] Ben-Shakhar, G., & Elaad, E. (2003). The validity of psycho-physiological detection of information with the guilty knowledge test: A meta-analytic review. *The Journal of Applied Psychology*, 88, 131–151. doi:10.1037/0021-9010.88.1.131.
- [7] Bruno Verschuere, Geert Crombez, Lieselot Smolders, Armand De Clercq. (2009). Differentiating Orienting and Defensive Responses to Concealed Information: The Role of Verbalization. *Appl Psychophysiol Biofeedback*
- [8] Bruno Verschuere & Jan De Houwer. (jan 2011). Memory Detection: Theory and Application of the Concealed Information Test. dec 2016, de Research Gate Sitio web: https://www.researchgate.net/publication/260863596_Memory_Detection_Theory_and_Application_of_the_Concealed_Information_Test
- [9] Daniel D. Langleben and Jane Campbell Moriarty. (2013). Using Brain Imaging for Lie Detection: Where Science, Law and Research Policy Collide. 2017, de National Institutes of Health
- [10] David Raskin, Charles Honts, & John Kircher. (2014). Credibility Assessment: Scientific Research and Applications. Boston, US: Elsevier.
- [11] D. Marks et al. (2005). Determination of Truth from Deception Using Functional MRI and Cognitive Engrams. *The Internet Journal of Radiology*, 5, 1st ser. Retrieved January, 2017.

- [12] Emily S. Kappenman and Steven J. Luck. (2012). Commonly Studied ERP Components. En *The Oxford Handbook of Event-Related Potentials Components*. EUA: OXFORD University Press.
- [13] Ewot H. Meijer, Bruno Verschuere, Matthias Gamer, Harald Merckelbach and Gershon Ben-Shakhar. (2016). Deception detection with behavioral, autonomic, and neural measures: Conceptual and methodological considerations that warrant modesty. *Psychophysiology*, 53, 593–604.
- [14] Farwell, L. A., & Smith, S. S. (2001). Using brain MERMER testing to detect knowledge despite efforts to conceal. *Journal of Forensic Sciences*, 46(1), 135-143.
- [15] Harrison, A. A., Hwalek, M., Raney, D. F., & Fritz, J. G. (1978). Cues to Deception in an Interview Situation. *Social Psychology*, 41(2), 156-161.
- [16] Honts, C. R. & Peterson, C.F. (1997). Brief of the Committee of Concerned Social Scientists as Amicus Curiae United States v Scheffer. Available from <https://supreme.justia.com/cases/federal/us/523/303/case.html>.
- [17] J. Peter Rosenfeld, Xiaoqing Hu, Elena Labkovsky, John Meixner, Michael R. Winograd. (2013). Review of recent studies and issues regarding the P300-based complex trial protocol for detection of concealed information. 2017, de *International Journal of Psychophysiology* Sitio web: <https://www.journals.elsevier.com/international-journal-of-psychophysiology>
- [18] J. Simpson (2008). Functional MRI Lie Detection: Too Good to be True? *The Journal of the American Academy of Psychiatry and the Law*, 491-498. Retrieved January, 2017.
- [19] Marco D. Comercheroa, John Polichb. (1998). P3a and P3b from typical auditory and visual stimuli. *Clinical Neurophysiology*, 110, 24-30.
- [20] Martha J. Farah, J. Benjamin Hutchinson, Elizabeth A. Phelps and Anthony D. Wagner. (2014). Functional MRI-based lie detection: scientific and societal challenges. *NATURE REVIEWS*, 15, 123-131.
- [21] Matthias Gamer et al. (2012). fMRI-activation patterns in the detection of concealed information rely on memory-related effects. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 7, 506-515. Retrieved January, 2017.
- [22] Meijer, E. H., & van Koppen, P. J. (2008). Lie detectors and the law: The use of the polygraph in Europe. In D. Canter & R. Zuckauskiene (Eds.), *Psychology and law: Bridging the gap* (pp. 31-50). Aldershot, UK: Ashgate Publishing.
- [23] Odette Terola, Miguel Álvarez, Noelia Melgar y Antonio L. Manzanero. (2014). Detección de información oculta mediante potenciales relacionados con eventos. *Anuario de Psicología Jurídica* 2014, 24, 49-55.
- [24] Patrick, C.J., 2011. Science on the rise: birth and development of the Concealed Information Test. In: Verschuere, B., Ben-Shakhar, G., Meijer, E. (Eds.), *Memory Detection: Theory and Application of the Concealed Information Test*. Cambridge University Press, New York, New York, pp. 3–11.
- [25] P. Rosenfeld et al. (2013). Review of recent studies and issues regarding the P-300 based complex trial protocol for detection of concealed information. *International Journal of Psychology*. Retrieved January, 2017.
- [26] Raskin, D. C., & Honts, C. R. (2002). The comparison question test. In M. Kleiner (Ed.), *Handbook of polygraph testing*. London: Academic (1-49).
- [27] Raymond Nelson, Donald J. Krapohl and Mark Handler. (2008). Brute-Force Comparison: A Monte Carlo Study of the Objective Scoring System version 3 (OSS-3) and Human Polygraph Scorers. 2017, de *Research Gate* Sitio web: https://www.researchgate.net/publication/275952906_Brute-Force_Comparison_A_Monte_Carlo_Study_of_the_Objective_Scoring_System_version_3_OSS-3_and_Human_Polygraph_Scorers
- [28] Raymond Nelson, Mark Handler, Pam Shaw, Michael Gougler, Benjamin Blalock, Chad Russell, Barry Cushman, and Marty Oelrich. (2011). Using the Empirical Scoring System. 2017, de *Research Gate* Sitio web: <https://www.researchgate.net/>
- [29] Raymond Nelson. (2015). Scientific Basis for Polygraph Testing. dec 2016, de *Research Gate* Sitio web: https://www.researchgate.net/publication/275956840_Scientific_Basis_for_Polygraph_Testing
- [30] Raymond Nelson. (2016). Testing the Limits of Evidence Based Polygraph Practices. dec 2016, de *Research Gate* Sitio web: https://www.researchgate.net/publication/299470504_Testing_the_Limits_of_Evidence_Based_Polygraph_Practices.
- [31] Reid, J. E., and Inbau, F. E. (1977). *Truth and Deception: The Polygraph ("Lie detector") Technique*, 2nd Edn. Baltimore: Williams & Wilkins.
- [32] Sartori, G., Agosta, S., Zogmaister, C., Ferrara, S. D., & Castiello, U. (2008). How to accurately assess autobiographical events. *Psychological Science*, 19, 772-780.
- [33] Seymour, T. L., & Fraynt, B. R. (2009). Time and encoding effects in the concealed knowledge test. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*.
- [34] Tokihiro Ogawa, Izumi Matsuda, Michiko Tsuneoka. (2015). The Concealed Information Test in the Laboratory Versus Japanese Field Practice: Bridging the Scientist–Practitioner Gap. *Archives of Forensic Psychology*, 1, 16-27.
- [35] Vahid Abootalebi, Mohammad Hassan Moradi, Mohammad Ali Khalilzadeh. (2006). A comparison of methods for ERP assessment in a P300-based GKT. *International Journal of Psychophysiology*, 62, 309-320
- [36] Vahid Abootalebi, Mohammad Hassan Moradi, Mohammad Ali Khalilzadeh. (2008). A new approach for EEG feature extraction in P300-based lie detection. 2017, de *International Journal of Psychophysiology* Sitio web: <https://www.us.elsevierhealth.com/>
- [37] W.G. Iacono. (2011). Encouraging the use of the Guilty Knowledge Test (GKT): What the GKT has to offer law enforcement. 2017, de *Research Gate* Sitio web: https://www.researchgate.net/publication/289350061_Encouraging_the_use_of_the_Guilty_Knowledge_Test_GKT_What_the_GKT_has_to_offer_law_enforcement
- [38] Yonelinas, A. P. (2002). The nature of recollection and familiarity: A review of 30 years of research. *Journal of Memory and Language*, 46, 441-517.)

IX. ANEXOS

- Se incluye una carpeta (“Anexos”) con los documentos anexos mencionados en el protocolo de investigación.

Pies de Página.

[0] Se entiende como muestra control a los sujetos “inocentes” y por muestra objetivo a los sujetos “culpables”.

[1] La nomenclatura utilizada para los electrodos en el cuero cabelludo sigue el sistema 10-20.

[2] Se entiende como hostiles al hecho de que se evalúan ciertos valores morales de la persona (ej. ¿Alguna vez has herido sentimentalmente a un ser querido?).

[3] El documento *Model Policy for the Evaluation of Examinee Suitability for Polygraph* se encuentra en el **Anexo 1**.

[4] La calendarización de las actividades se encuentra en la carpeta de archivos junto con este protocolo.

[5] El consentimiento informado se encuentra en el **Anexo 2**.

[6] La prueba Terman-Merril se encuentra en el **Anexo 3**.

[7] El cuestionario médico se encuentra en el **Anexo 4**.

[8] Es necesario un documento donde se establezcan las condiciones básicas para la prueba de resonancia magnética funcional.

[9] La identificación de los sujetos de prueba no será revelada en ningún caso, las tarjetas serán obsequiadas a los sujetos que, para fines de adquisición y análisis de datos, serán identificados de forma numérica.

[10] Por consecuencias entendemos una situación ficticia que no pueda involucrar o dañar de ninguna forma a algún sujeto de prueba de ninguna forma.

[11] Los objetos a utilizar durante la prueba de EEG así como los utilizados en las diferentes sesiones del protocolo experimental se encuentran en el **Anexo 9**.

[12] Un billete de 200 MN (doscientos pesos mexicanos).

[13] En esta parte se enfatizará que para que la experimentación es necesario que los sujetos de prueba se acoplen a las reglas establecidas puesto que la investigación depende del cumplimiento de estas indicaciones.

[14] El documento *APA Standards of Practice (Effective September 1, 2015)* se encuentra en el **Anexo 5**.

[15] El set de preguntas se encuentra en el **Anexo 6**. La plantilla inicial se tomó de [Rodolfo Prado et. Al \(2015\)](#), a la cual se le cambió el contenido de las preguntas para adecuarlo al protocolo en cuestión.

[16] Los documentos consultados: [Nelson \(2008\)](#) y [Rodolfo Prado et. Al \(2015\)](#) se encuentran en el **Anexo 7** y **Anexo 8** respectivamente.