



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

**PREPARATORIA EMILIANO ZAPATA**

**QUÍMICA PARA INGENIERÍAS  
PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN**

*El potencial del control mental de artefactos en el apoyo de la sociedad*

**QUE PRESENTA:**

Carlos Daniel Sánchez Saldaña  
Kevin García Morales

**ASESOR(A):**

Mónica Lezama Tellez

**GRUPO: 3CM**

**FECHA  
08/05/2017**

# ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	4
JUSTIFICACIÓN	4
HIPÓTESIS	5
OBJETIVOS	5
METODOLOGÍA	6
CONCLUSIÓN	9
ANEXOS	9
BIBLIOGRAFÍA	11

## **INTRODUCCIÓN**

En el presente trabajo se planea desambiguar en las aplicaciones primarias que la Electroencefalografía puede aportar a la sociedad, principalmente haciendo hincapié en su uso en el campo de la rehabilitación social y laboral de las personas que requieran apoyo con una discapacidad motriz meritoria de alguna clase de prótesis funcional, y no sólo estética. Para el desarrollo del escrito se tomará en cuenta como referencia distintas fuentes de información disponibles que, aunque extranjeras, siguen siendo un comparativo relativamente cercano y en definitiva útil para comprender cuán desarrollado está México en este asunto.

El propósito general de la investigación consiste en condensar la información disponible sobre este tipo de tecnología mencionada, así mismo como recolectar diversos proyectos caseros que se han realizado con ella para considerar los gastos requeridos para ellos y comprobar la practicidad de la EEG como apoyo para la sociedad.

A través de investigaciones estadísticas y cuantitativas de las características económicas de la gente, se pretende poder hacer aproximaciones de para qué segmentos de la población se encuentra disponible el uso de EEG como una posible base de desarrollo tecnológico de prótesis para personas que lo requieran. En primera instancia se describen y especifican las características y el funcionamiento de la electroencefalografía, cómo de esta deriva, junto con la automatización, la posibilidad de combinarse y en conjunto ser aplicadas para el desarrollo de maquinaria y utensilios controlados por medio de la mente. El tema presenta un enfoque hasta cierto punto ambicioso pero con verdadero potencial, sin embargo es necesario analizarlo de la manera más detallada posible para poder considerar las implicaciones que tendría la introducción de esta tecnología en el contexto que se vive actualmente.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La sociedad actual cuenta con el potencial de desarrollar tecnología nunca antes realizable para el favorecimiento de las personas que más lo necesitan, por lo que es deber de los integrantes de ésta el crear y poner a prueba toda clase de prototipos e inventos que faciliten sus labores

diarias y, de paso, simplificar otras tareas de automatización y control tecnológico en general.

En el protocolo presente, el tema principal se centra en la utilidad que puede presentar el uso de la Electroencefalografía (por sus siglas EEG) como medio de reintegración de las personas con alguna discapacidad motriz al mundo de actividades físicas, ya sea por motivos laborales, deportivos o simplemente de calidad de vida. El acercamiento a dicha forma de tecnología, la que se basa en usar la interpretación de las ondas emitidas por el comportamiento neuronal en comandos para aparatos automatizados, es reciente, aunque no del todo nueva. En una publicación en línea de la revista National Geographic del 2013 ya se presentan diversos proyectos que se basan en la EEG para su funcionamiento: desde un dispositivo que transforma las señales neuronales en música (el MiND Ensemble), robots sencillos armados con Lego Mindstorms, o incluso prótesis de extremidades o control remoto de sillas de ruedas. A partir de estos antecedentes, se puede proceder a realizar una última pregunta sobre la finalidad de la creación.

## **PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿La electroencefalografía presenta una aplicación viable para las personas con discapacidad y la simplificación de las labores diarias, en cuestiones de costos accesibles y usos realmente prácticos? Es a partir de esta pregunta que el trabajo adquiere una finalidad; puesto que de no ser costeable o producir cambios notorios en las vidas de los pacientes, carece de sentido el seguir tratando este tipo de tecnología, o al menos, por ahora; hasta que las aplicaciones de la EEG evolucionen lo suficiente como para que se realice de manera sencilla, y al alcance de todos.

## **JUSTIFICACIÓN**

En el ámbito académico, la investigación ofrece un panorama bastante específico pero a la vez amplio de lo que se trata la mecatrónica de tal modo que, como estudiante, se esté mejor preparado para los conocimientos que la profesión promete abarcar. Incluso, la investigación significa una apertura a variedad de oportunidades en cuestión de futuros proyectos, inicios de una tesis profesional o, incluso, en el área laboral.

Es importante conocer el tema debido a las extensas posibilidades que ofrece su aplicación pues no sólo puede ayudar a un sector poblacional, si se orienta adecuadamente a la necesidades de la vida diaria, la encefalografía facilitaría muchas de las actividades del individuo promedio y plantearía incluso potencial de evolución en el desarrollo tecnológico. Mediante este escrito, las personas pueden acercarse al conocimiento necesario para el desarrollo de este tipo de tecnología lo cual no está muy lejos de ser una realidad.

La investigación dará pie a un juicio crítico de cuán real es el acercamiento a la EEG en un ambiente cotidiano y de reintegración de personas con discapacidad, de modo que podrá aportar a la sociedad evidencia suficiente para formar al menos una opinión superficial sobre si vale la pena apostar por esta tecnología e impulsarla para eventualmente diversificar las variaciones de ésta, simplificar sus componentes e involucrar a las empresas para invertir en la misma. El presente escrito encuentra sus limitaciones de referencia en el aspecto de que todas las investigaciones que aquí se mencionan han sido desarrolladas en países extranjeros, por lo que el contexto tecnológico podría variar y no ser exactamente simétrico en nuestro entorno; sin embargo, sigue sirviendo de punto de comparación cercanamente relativo para apreciar el potencial de la tecnología.

## **HIPÓTESIS**

La electroencefalografía y la adecuada combinación con la electrónica facilitaría en muchos aspectos a las personas con discapacidades existiendo incluso la posibilidad de reducir los costos de desarrollo con la ayuda de materiales reutilizables. Con este marco de antecedentes, se puede prever que la investigación proveerá datos que muestren que, al menos en las instancias más básicas, el uso cotidiano de la EEG no se encuentra realmente lejano de nuestra sociedad.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

- Considerar y especificar las implicaciones que tendría la implementación de la Electroencefalografía a corto plazo en México como forma de desarrollo tecnológico en el ámbito de salud y de automatización de actividades cotidianas.

### **Objetivos específicos**

- Indagar y comparar costos necesarios para el uso de implantes biónicos cuyo funcionamiento tiene base en la EEG.
- Recolectar estadísticas del público que podría usar este tipo de tecnología en su vida diaria; por ejemplo, cuantificar el número de personas con alguna discapacidad motriz en nuestro contexto demográfico.
- A partir de gráficos representar hasta qué sectores de la población se encuentra actualmente la posibilidad de acceder a los distintos tipos de tecnología de EEG.
- Condensar la información básica sobre el funcionamiento de la electroencefalografía y diversidad de aplicaciones de ésta.

## **METODOLOGÍA**

Se encuentra en un archivo de la Universidad de Alcalá disponible en la red la información que sustenta teóricamente al presente proyecto. En dicho escrito se define a la electroencefalografía como “el registro y evaluación de los potenciales eléctricos generados por el cerebro y obtenidos por medio de electrodos situados sobre la superficie del cuero cabelludo” (Barea) mientras que al electroencefalograma lo cataloga como un registro de la actividad eléctrica que se lleva a cabo entre las neuronas del encéfalo. Este registro puede contener variaciones en sus formas que dependen estrechamente de la posición en que se han colocado los electrodos y de los sujetos de estudio. Esto es también “debido al gran número de interconexiones que presentan las neuronas y por la estructura no uniforme del encéfalo” (Barea).

Además se puede conocer un poco acerca de la historia de la electroencefalografía: sus orígenes y evolución a través de los años. Los inicios de este estudio se hallan inmersos en una

guerra la cual otorgó la oportunidad a los científicos de explorar el cerebro humano por primera vez. Es en 1870 cuando Fritsch y Hitzig, médicos militares del ejército prusiano, observan que, al estimular mediante corriente galvánica determinadas áreas laterales de cerebros descubiertos (de algunas de las bajas de la batalla), se producen movimientos en el lado opuesto del cuerpo. Cinco años más tarde se confirma por R. Caton que el cerebro es capaz de producir corrientes eléctricas. “En 1913, Prawdycz-Neminski registró lo que llamó **electrocerebrograma** de un perro, siendo el primero en intentar clasificar semejantes observaciones.” (Barea).

Sin embargo hay que aclarar que todos los experimentos realizados hasta entonces eran con la ayuda de cerebros descubiertos debido a que no existían métodos de amplificación y los cambios eléctricos eran mínimos de tal modo que era imposible registrar los impulsos que alcanzaran el exterior del cráneo aún de haberse sospechado su existencia. En 1928, Hans Berger ideó un método que prometía una investigación de la actividad eléctrica cerebral, descubriendo lo que se conoció como *ritmo de Berger*. Pero su trabajo no fue reconocido hasta muchos años después a raíz de una demostración pública ante un auditorio británico en una reunión de la Sociedad de Fisiología, en Cambridge, donde Adrian y Matthews verificaron por primera vez el *ritmo de Berger*. Berger, utilizando las mejoras introducidas por Adrian, siguió avanzando hasta donde le permitía su técnica defectuosa, observando por ejemplo que cuando el sujeto abría los ojos o resolvía algún problema mentalmente se alteraba el ritmo amplio y regular. A partir de estos comienzos, con el paso de los años y mediante evaluaciones sucesivas, se han llegado a conocer otros aspectos de la electroencefalografía tal como se le conoce hoy en día.

Existe un término estrechamente relacionado con la EEG y se podría considerar como el elemento esencial en este estudio: *el electrodo*. Un electrodo es definido por el DLE (2017) como el “extremo de un conductor en contacto con un medio, al que transmite o del que recibe una corriente eléctrica.”

En la actualidad, hay equipo especializado para el registro y la interpretación de la actividad eléctrica entre las neuronas que a su vez es muy costoso y difícil de conseguir. En el caso de los electrodos es sencillo encontrar los diferentes tipos con los que se pueden realizar los registros, sin embargo, el proyecto se enfoca en el aprovechamiento de estos impulsos

cerebrales para poder re-interpretarlos y vincularlos con dispositivos electrónicos que además requerirán de la programación con el propósito de hacerlos funcionar satisfactoriamente y encontrar aplicaciones en la vida diaria.

Existen aparatos electrónicos de mayor accesibilidad como *Mindflex* que, según información de NeuroSky (2017), es un juego desarrollado por *Mattel* que combina la avanzada tecnología con el poder de la mente en el que el objetivo es manipular una pequeña pelota de tal modo que ésta pueda atravesar un serie de obstáculos. El equipo cuenta con unas pequeñas turbinas de aire que aumentarán o disminuirán de potencia según qué tan concentrado o relajado esté el jugador, esto con ayuda de una banda que debe ser colocada en la cabeza donde los sensores entran en contacto con el cuero cabelludo, frente y lóbulos de las orejas e interpretan la calidad de los impulsos eléctricos provenientes del cerebro.

*Arduino Leonardo* es uno de los equipos electrónicos a considerar que pretende ser parte importante en la realización de este proyecto. Se trata de “una tarjeta integrada [...] ideal para proyectos que requieran que se comporte (actúe) como dispositivos USB de interfaz humana.” (Arduino). En combinación con *Mindflex*, la construcción de circuitos y la configuración de éstos a través de una computadora es posible desarrollar tecnología biónica de bajo costo capaz de brindarle apoyo a personas discapacitadas. La biónica es el “desarrollo de órganos artificiales que recuerdan el funcionamiento natural por medios electromecánicos.” (DLE, 2017).

Se cuenta con el sustento de la información recopilada en tiendas en línea de componentes electrónicos y proyectos documentados que comparten los mismos objetivos del presente escrito, como es el caso de *Mind controlled robotic arm*, proyecto desarrollado para *Google Science Fair 2014* en el que se habla sobre el alto costo de las prótesis y su difícil acceso. El dispositivo presentado en dicha feria promete estar al alcance de todos, es decir, puede ser desarrollado mediante un instructivo publicado por *LeelaKrishna* (según su nombre de pila) que se encuentra en *Instructables*, una página de internet que cuenta con una extensa variedad de instructivos para construir distintos dispositivos o artefactos. En este instructivo se requiere equipo de bajo costo a comparación de las instituciones encargadas del desarrollo de prótesis; se trata de piezas impresas en 3D y de *Emotiv EEG Headset+software* el cual es una



banda con múltiples sensores electroencefalográficos que dotan al usuario de una gran variedad de funciones, es decir, los dispositivos electrónicos que estén vinculados a este equipamiento contarán con una mayor capacidad para realizar diversos trabajos.

La mayor desventaja todavía de usar ese *hardware* es su costo de ochocientos dólares al que lo ofrece *Emotiv Store*. En su defecto, la alternativa sería el *Mindflex* ya mencionado el cual se puede adquirir por entre setecientos y mil ciento cincuenta pesos mexicanos aproximadamente y registra sólo los canales de relajación y concentración.

Sin embargo, en esta misma página de internet se encuentra otro instructivo para realizar un circuito electroencefalográfico propio donde únicamente son necesarios alrededor de diez dólares para poder desarrollarlo según *cah6*, autor del escrito. De cualquier manera, es muy notorio la diferencia de costos entre elaborar una prótesis con material casero de electrónica que adquirir uno hasta el momento; estos se encuentran en aproximadamente 2 millones de pesos. en el ámbito médico y en Estados Unidos.

## CONCLUSIÓN

Tras haber realizado la presente investigación, se puede observar que en nuestro contexto inmediato ya existe un puñado de distintos posibles acercamientos a la Electroencefalografía, y aunque si para prácticamente la totalidad de la población no le es posible adquirir una prótesis médica perfecta puesto que los precios y costos de ésta se elevan más allá de las posibilidades económicas de la gente; existen alternativas que si bien presentan limitaciones y no son tan complejas como las anteriores, son una opción realista y accesible para reactivar una importante parte de la funcionalidad motriz de la extremidad que la persona requiere para volver a poseer una calidad de vida más plena y una reintegración laboral, de modo que la reducida tecnología de este tipo que nos rodea puede ya servir como base para el desarrollo de prototipos que ayudarán a este tipo de gente, fungiendo al mismo tiempo como inversión tecnológica y apoyo social.

## ANEXOS

<b>Estadística de discapacidad en México 2014</b>
---

Prevalencia de discapacidad	Prevalencia de discapacidad por entidad federativa: Puebla	Porcentaje promedio de frecuencia por tipo de discapacidad: motora
6%	5.2%	40.27%

Los datos mostrados en la tabla fueron obtenidos a partir del análisis del cálculo estadístico realizado por el INEGI.

Relación: Gasto máximo para proyecto de EEG/Ingreso mensual		
Clase poblacional y porcentaje	Ingresos mensuales	Gastos MÁXIMOS
Baja (33% aproximadamente)	Menos de \$1,329	<i>-Emotiv EEG Headset+software:</i> 800 USD = <b>16,000 MXN</b> <i>-Impresión 3D:</i> Impresión por minuto con filamento de policarbonato: <b>3.80 MXN x min</b> <i>Arduino original:</i> <b>20 USD = 400 MXN</b> <i>-Prótesis (estética) de Dianceht:</i> Mano y antebrazo por: <b>7500 MXN</b>

En este caso se han considerado aquellos materiales necesarios para poder realizar las prótesis a base de EEG de mayor costo. Se establece una relación entre los ingresos y el gasto total (suma de gastos individuales) donde este último se divide entre los ingresos para determinar el periodo en el cual la prótesis puede ser financiada y desarrollada.

En la próxima tabla comparativa se puede apreciar los ingresos mensuales de la población, de modo que al describir los datos en deciles, se puede segregar las capacidades adquisitivas de cada individuo. El porcentaje de la izquierda se enfoca en la cantidad de la población que tiene un menor ingreso que el marcado en su respectivo valor de la columna derecha. Datos

obtenidos del INEGI y blog de Felipe Contreras.

10%	\$895
20%	\$1,416
30%	\$1,946
40%	\$2,533
50%	\$3,189
60%	\$3,983
70%	\$5,091
80%	\$6,912
90%	\$10,480

## BIBLIOGRAFÍA

Aracena Pizarro, Monge Lay. (2012) *Control de movimiento robótico con detección cognitiva y facial mediante Emotiv EEG*. Universidad de Tarapacá. Ingeniare. Consultado en:

[http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-33052015000400002](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052015000400002) [23/02/17]

Arduino (2017) *Arduino Leonardo*. Arduino. Consultado en:

<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardLeonardo> [19/02/17]

Barea Navarro, R. (s. f.) *Instrumentación Biomédica: Electroencefalografía*. Universidad de Alcalá: Departamento de electrónica. Consultado en:

<http://www.bioingenieria.edu.ar/academica/catedras/bioingenieria2/archivos/apuntes/tema%205%20-%20electroencefalografia.pdf> [20/09/16]

cah6 (2013) *DIY EEG (and ECG) Circuit*. Instructables. Consultado en: <http://www.instructables.com/id/DIY-EEG-and-ECG-Circuit/> [20/09/16]

DIANCEHT (2017) *Prótesis estéticas y funcionales de silicón*. Consultado: <http://www.manosydedos.com/precios.html> [31/03/2017]

DLE (2017) *Electrodo & Biónico, ca.* RAE. Consultado: <http://dle.rae.es/?id=DgIqVCc> [24/03/17]

INEGI (2015) *Datos* INEGI. Consultado en: <http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/aproposito/2015/discapacidad0.pdf> [22/07/17]

LeelaKrishna (2014) *Mind Controlled Robotic Arm*. Instructables. Consultado en: <http://www.instructables.com/id/Mind-Controlled-Robotic-Arm/step2/Construction-of-Inmoov-Robotic-Arm/> [20/09/16]

Milenio (2014) Mexicano crea brazo biónico 90% más barato más barato, pero hasta qe sea las diez. Consultado en: [http://www.milenio.com/cultura/Mexicano-brazo-bionico-barato-EU\\_0\\_314968510.html](http://www.milenio.com/cultura/Mexicano-brazo-bionico-barato-EU_0_314968510.html) [31/03/2017]

National Geographic (2013). *Five Incredible—and Real—MindControl Applications*. NG. Consultado en: <http://news.nationalgeographic.com/news/2013/08/130829-mind-brain-control-robot-brainwave-eeg-3d-printing-music/> [21/02/17]

NeuroSky (2017) *Mindflex*. NeuroSky Store. Consultado en: <https://store.neurosky.com/products/mindflex> [18/02/17]

RIKEN y CNBI. (s. f.) *DEFITECHTEFITECH CHAIR IN BRAIN-MACHINE INTERFACE CNBI*. Consultado: <http://cnbi.epfl.ch> [23/02/1]

The Mind Ensemble (2012). *MiND Ensemble*. Sin editorial. Consultado en: <http://www.themindensemble.com/> [23/02/17]

UltraPrint3D (s.f.) *Precios de servicio en impresiones 3D*. UltraPrint3D: Centro de impresión. Consultado en: <http://www.impresora3dmexico.com.mx/precios-por-impresion-3D.php>