

**Caracterización de gestos faciales mediante electromiografía superficial.**



**SERGIO STIVEN DIAZ RODRÍGUEZ**

**Los Libertadores**  
Fundación Universitaria

**FUNDACIÓN UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
BOGOTÁ, D. C.  
2018**

**Caracterización de gestos faciales mediante electromiografía superficial.**

**SERGIO STIVEN DIAZ RODRÍGUEZ**

**Trabajo de grado para optar El Título de Ingeniero Electrónico**



**Director:  
John Petearson Anzola Anzola  
Ingeniero Electrónico**

**Coodirector:  
Andres Camilo Jimenez Alvarez  
Ingeniero Electronico**

**Los Libertadores**  
Fundación Universitaria

**FUNDACIÓN UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
BOGOTÁ, D. C.  
2018**

## CONTENIDO

|     |   |   |
|-----|---|---|
| 1   | RESUMEN.....  | 5                                       |
| 2   | INTRODUCCIÓN.....   | 6                                       |
| 3   | OBJETIVOS .....   | 7                                       |
| 3.1 | OBJETIVO GENERAL.....   | 7                                       |
| 3.2 | OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....  | 7                                       |
| 4   | JUSTIFICACIÓN .....   | 8                                       |
| 5   | ANTECEDENTES.....   | 9                                       |
| 5.1 | Towards a definition of the Internet of Things (IoT) Spectral analysis of myoelectric signals by wavelet methods .....                          | <b>¡Error! Marcador no definido.</b>    |
| 5.2 | Evaluation of Techniques for the Study of Electromyographic signals .....   | 14                                      |
| 5.3 | Facial EMG Contamination of EEG Signals: Characteristics and Effects of Spatial Filtering.....  | 16                                      |
| 5.4 | On the Use of Instantaneous Mean Frequency Estimated from the Hilbert Spectrum of Facial Electromyography for Differentiating Core Affects..... | 17                                      |
| 5.5 | Facial Electromyography for Characterization of Emotions using Lab VIEW .....   | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> 18 |
| 6   | MARCO TEÓRICO .....   | 14                                      |
| 6.1 | QUE ES LA ELETROMIOGRAFIA.....  | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> 19 |
| 6.2 | MUSCULOS INVOLUCRADOS .....   | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> 9  |
| 6.3 | COMO SE PRODUCE LA ELECTROMIOGRAFIA EN EL CUERPO .....  | <b>¡Error! Marcador no definido.</b>    |
| 6.4 | EXTRUCTURA MUSCULAR.....  | 23                                      |
| 7   | PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....  | 20                                      |
| 8   | METODOLOGÍA.....  | 26                                      |
| 9   | ALCANCES Y LIMITACIONES .....   | 23                                      |
| 10  | ANÁLISIS DE RESULTADOS .....  | 23                                      |
|     | CONCLUSIONES .....  | 27                                      |
|     | BIBLIOGRAFÍA.....   | 28                                      |
|     | ANEXOS .....  | <b>¡Error! Marcador no definido.</b>    |

## GLOSARIO

**CONTRACCIÓN MUSCULAR :** es el proceso fisiológico en el que los músculos desarrollan tensión y se acortan o estiran (o bien pueden permanecer de la misma longitud) por razón de un previo estímulo de extensión. Estas contracciones producen la fuerza motora de casi todos los músculos superiores.

**ELECTRODO:** Extremo de un conductor en contacto con un medio, al que lleva o del que recibe una corriente eléctrica.

**ESPECTRO DE FRECUENCIA:** se caracteriza por la distribución de amplitudes para cada frecuencia de un fenómeno ondulatorio (sonoro, luminoso o electromagnético) que sea superposición de ondas de varias frecuencias.

**EXTRISICO:** Que es externo a la naturaleza de una cosa.

**INTRÍNSECO:** Que es propio de la cosa que se expresa sin depender de ninguna circunstancia.

**MIMICA:** Arte y técnica de imitar, representar acciones o expresarse por medio de gestos, ademanes y movimientos corporales.

**MUSCULO:** Órgano o masa de tejido compuesto de fibras que, mediante la contracción y la relajación, sirve para producir el movimiento en el hombre y los animales.

## 1 RESUMEN

La electromiografía (EMG) es el estudio del comportamiento de las señales eléctricas generadas por los músculos al realizar movimientos; Cuando se cumple la función de masticar y hasta sonreír, se hace uso de una gran cantidad de músculos en la cara y son estos los más importantes en la cabeza. El movimiento realizado por estos músculos garantizan que haya movimientos y gestos fáciles correctamente; para estudiar estas señales musculares es necesario realizar electromiografía facial, que se dividen en 4 grupos Epicraneales, Orbiculares de los ojos, boca y nasales, que son superficiales y están en la epidermis con movimientos verticales y anteroposteriores de la cara, esta herramienta proporciona información acerca del estado de los nervios y músculos.

La caracterización de las señales electromiográficas de la cara permitiría el desarrollo de sistemas capaces de ayudar a personas con discapacidad físico-motora a realizar tareas cotidianas con mayor facilidad, pues los sistemas que existentes funcionan con controles remotos, dispositivos móviles, señales sonoras. Los dispositivos que funcionan basándose en señales electromiográficas están orientados a estudios médicos y la rehabilitación de pacientes con distrofia muscular parcial. Para lograr caracterizar estas señales se propone realizar toma de datos y crear un banco de señales para el análisis, posteriormente utilizar series de tiempo y redes neuronales para diferenciar patrones y clasificar dichas señales.

Aprovechando los datos que se obtienen con el sensor DFRobot Heart Rate Monitor Sensor, utilizado para adquirir señales de electromiografía facial, se realizara una comparación y caracterización de señales, estadísticamente para encontrar patrones que permitan la caracterizacio de cada movimiento facial.

## 2 INTRODUCCIÓN



La electromiografía (EMG) es el estudio del comportamiento de las señales eléctricas generadas por los músculos al realizar movimientos. Cuando se cumple la labor de hablar, sonreír o hacer algún gesto facial se hace uso de una gran cantidad de músculos intrínsecos y extrínsecos de la cara, el movimiento realizado por estos músculos garantiza que la superficie frontal funcione correctamente; para estudiar estas señales musculares es necesario realizar electromiografías faciales sobre los músculos del rostro que se encuentran en la cabeza como Epicraneales, Orbiculares de los ojos, boca y nasales, ya que se encuentran en la epidermis y se asocian a ellos movimientos verticales y anteroposteriores.

Los Libertadores  
Fundación Universitaria

## 3 OBJETIVOS

### 3.1 OBJETIVO GENERAL

Caracterizar las señales electromiográficas asociadas al movimiento de los músculos extrínsecos de la cara cuando se realizan movimientos tales como fruncir el ceño, guiñar el ojo derecho, guiñar el ojo izquierdo, levantar cejas, cerrar los ojos, sonreír. Haciendo uso de series de tiempo y otras herramientas estadísticas que proporcionen patrones para comparar y diferenciar unas señales de las otras. Todo esto con el fin de poder ayudar a personas con cuadriparesia o discapacidades motoras.

### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obtener una serie de datos sobre diferentes sujetos de prueba y así identificar las señales asociadas a los movimientos musculares del rostro.
- Efectuar un estudio del comportamiento de las señales obtenidas, utilizando series de tiempo y otras herramientas estadísticas que permitan encontrar diferencias entre las señales electromiográficas que se asocian a los movimientos fáciles.
- generar un banco de datos que contenga los movimientos (pestañeo, movimiento de los ojos, levantar cejas, sonrisa), con un mínimo 100 personas, para su estudio y comparación.
- aplicar el aprendizaje profundo para modelar un sistema capaz de diferenciar las señales producidas por los músculos faciales, al fruncir el ceño, mover la nariz, cerrar los ojos, sonreír, en tiempo real.

#### 4 JUSTIFICACIÓN

En esta investigación se busca analizar determinadas señales electromiográficas, basada en gestos faciales como sonreír, guiñar el ojo derecho, guiñar el ojo izquierdo, levantar cejas, parpadeo; para su caracterización, se tuvo varios sujetos y se les realizó que se hiciera una repetición de cada uno de los gestos anteriormente nombrados para así realizar su caracterización.

Ya que se han realizado varios métodos para su análisis y filtrado para este tipo de señales como lo es el filtrado de hampel tal como lo dice Susmita Bhowmik , Beth Jelfs y Sridhar P. Arjunan (2017) en su publicación y también como lo mencionan en el control de manejo de interfaz máquina- humano Meredith J. Cler y Cara E. Stepp (2015), el cual hacen uso de la electromiografía facial y la caracterización de algunos movimientos faciales para su desarrollo. En el desarrollo de esta investigación, la bibliografía no es muy amplia con base a la caracterización de gestos faciales.

Esta investigación constituye un aporte del tratamiento de señales basadas en electromiografía y su caracterización para así realizar su implementación y ayudar a las personas con discapacidades motoras y brindarles una mejor calidad de vida.



## 5 ANTECEDENTES

En este apartado se destacan el estado del arte en como se a utilizado la electromiografía facial sus usos e investigaciones basadas en ella y sus aplicaciones en la rama científica de la siguiente manera:

### 5.1 Spectral analysis of myoelectric signals by wavelet methods

Desde hace años el cuerpo humano se ha convertido en un atractivo para la exploración científica, debido a la cantidad de movimientos, funcionalidades que se producen de cada parte que lo compone. Es por ello que en el año de 1929 de los primeros reportes clínicos que se tiene en base a enfermedades neurológicas con este método [1], ya con el pasar de los años y el avance tecnológico aparece una técnica llamada método de Fourier, en el que permitía detectar señales producidas por la fatiga muscular; Pese a las restricciones frente al análisis espectral de la señal mioeléctrica ME, se utilizó métodos como el análisis, ancho y pico de amplitud de la banda espectral; así como la media o la mediana de la frecuencia MNF o MDF [1] a fin de caracterizar estas señales. Sin embargo, a finales de los 80 aparece una técnica llamada la transformada de Wavelet TW [2] actuando como un suplente frente a la técnica de Fourier; la TW actúa como un microscopio matemático [2] en el que detecta los tiempos de las señales permitiendo un 70% de análisis.

Es por eso que durante la conferencia de Bioelectromagnetismo, se expuso un proyecto basado en análisis de señales ME, utilizando el paquete de tren de ondas WP en extensiones de rodilla isométrica sostenidos en 25% y 70% de una contracción voluntaria máxima (MVC), flexionada hasta el agotamiento en 6 voluntarios sanos [2]. Debido a que el método WP tiene un gran dominio en la minimización errores cuadráticos surgidos, permite un mejor análisis de la señal. Utilizando modelos ARMA de diferentes órdenes (orden 2,2 y 8,8) [2] y parámetros "Prony-function", señal procesada por MATLAB(Toolbox, Wavelet); obteniendo una señal con una frecuencia de muestreo de 2Khz [2]. Durante el experimento se obtuvieron señales FIOM, vasto derecho lateral, vasto mediano y recto femoral. Habilitando señales EM de fuerza y superficie [2]; mostrando señales de fatiga. Lo que permite deducir, que las estimaciones espectrales del WP y FFT se desplazan a la

frecuencia más baja después de una rodilla sostenida, estas se pueden ver en la figura 1 en la columna izquierda se aplica la FFT y en la columna derecha la WP.

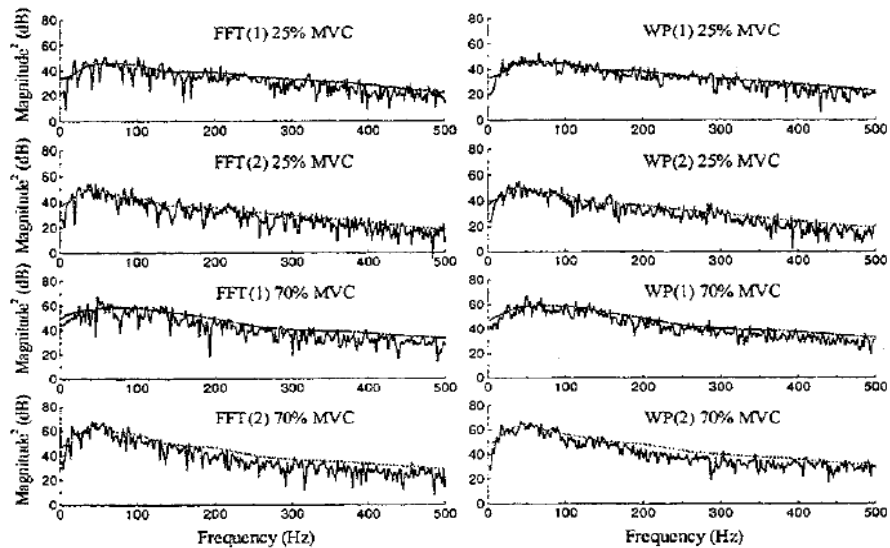


Figura 1: Estimaciones espectrales de señales de ME utilizando FFT (columna izquierda) y WP (columna derecha) y contracción (líneas suavizadas) de las mismas para dos cargas en estados sin fatiga (1) y fatiga (2).

## 5.2 Evaluation of Techniques for the Study of Electromyographic signals

La electromiografía no invasiva o superficial comúnmente se usa para el monitoreo de la fatiga muscular debido a la contracción muscular que se genera al mover algunos de nuestros músculos. Estas contracciones se llaman isométricas las cuales se estudian a partir de la amplitud y la potencia [3]; en las contracciones isométricas las propiedades electrofisiológicas causan cambios. Estos cambios se asocian a la fatiga muscular, la cual se ocasiona cuando se extiende o se contrae el músculo [3].

Se usan varias técnicas de procesamiento de señales digitales usadas a la señal EMG se usó para investigar el fenómeno de la fatiga. Entre estas técnicas, se encuentran dos muy populares: una usa el valor RMS y el MPF (frecuencia de potencia media), se encuentra en tercer lugar la técnica que se llama mean of accumulated energy curve (MAEC).

Esta se obtiene en el dominio wavelet. Estudios previos demostraron que el transformado wavelet continuo (CWT), es una buena herramienta para la descomposición en el espacio transformado [3]. Karlsson et al. [4] mostró que el CWT tiene un mejor rendimiento que la

transformada corta de Fourier para analizar señales EMG [3]. Para obtener la curva de energía acumulada se observa en la siguiente ecuación:

$$CAE(K) = nk \cdot k$$

Donde  $nk$  es el número de veces que la amplitud  $k$  aparece en el periodograma wavelet. Así como se obtiene el CAE, a continuación en la figura 7 se observa la aplicación de las 3 diferentes técnicas para el procesamiento de una señal electromiográfica a partir del fenómeno de fatiga muscular [3].

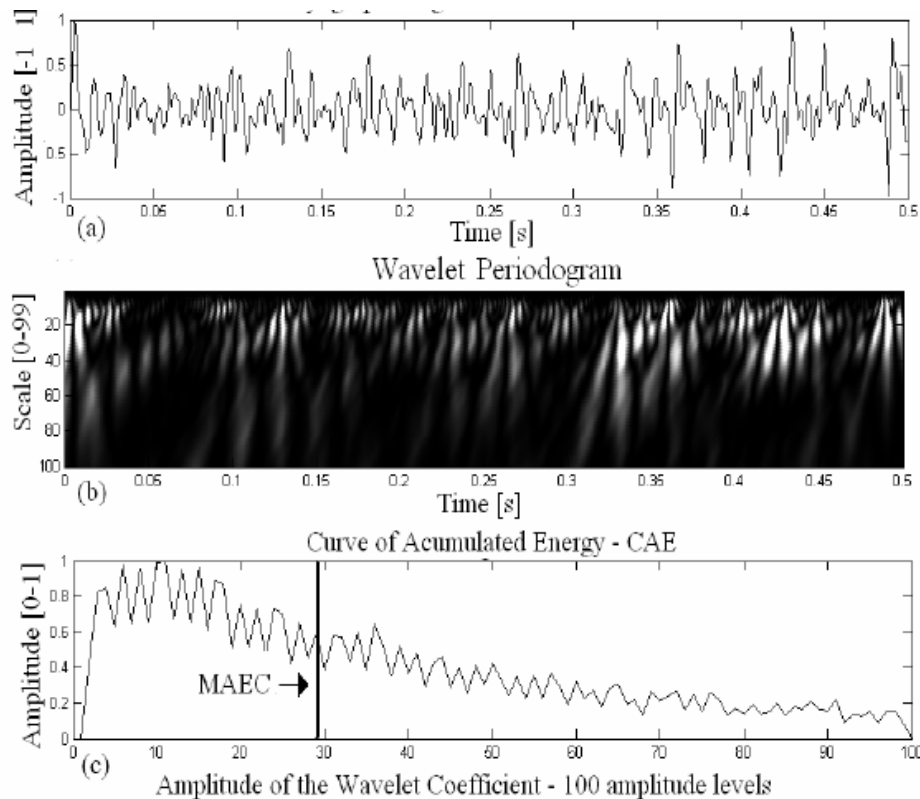


Figura 2: (a) señal EMG típica, (b) periodograma wavelet de la señal EMG, (c) MEC con el MAEC indicado.

Fuente: M. M. de Andrade, J. C. do Carmo, F. A. O. Nascimento, J. F. Camapum, I. dos Santos, L. Mochizuki, A. F. da Rocha "Evaluation of Techniques for the Study of electromyographic Signals" Proceedings of the 28th IEEE.

### 5.3 Facial EMG Contamination of EEG Signals: Characteristics and Effects of Spatial Filtering

En esta parte se puede justificar que el ruido que puede ocasionar la señal electromiográfica en la electroencefalografía. En el entorno del mundo real, los individuos

generan con frecuencia diferentes señales tales como efectos de músculos oculares y faciales. Como ejemplo, durante una interacción con un sistema BCI, un sujeto genera varios tipos de actividades musculares faciales, que son causado por emociones como la frustración y la alegría desde la el rostro humano transmite información sobre la reacción de una persona [4].

También comparamos la efectividad de tres métodos de filtrado espacial (monopolar, pequeño Laplaciano y montaje bipolar); Las señales de EEG obtenidas se procesan utilizando tres diferentes métodos de filtrado espacial denotados por montajes (a combinación de los electrodos utilizados), concretamente 1) el monopolar montaje (todos los electrodos se refieren a una referencia común, es decir, los lóbulos ligados derecho e izquierdo en este estudio), 2) el montaje bipolar (diferencia entre las señales de dos electrodos de interés) y 3) el pequeño montaje laplaciano como se observa en la figura 3.[4]

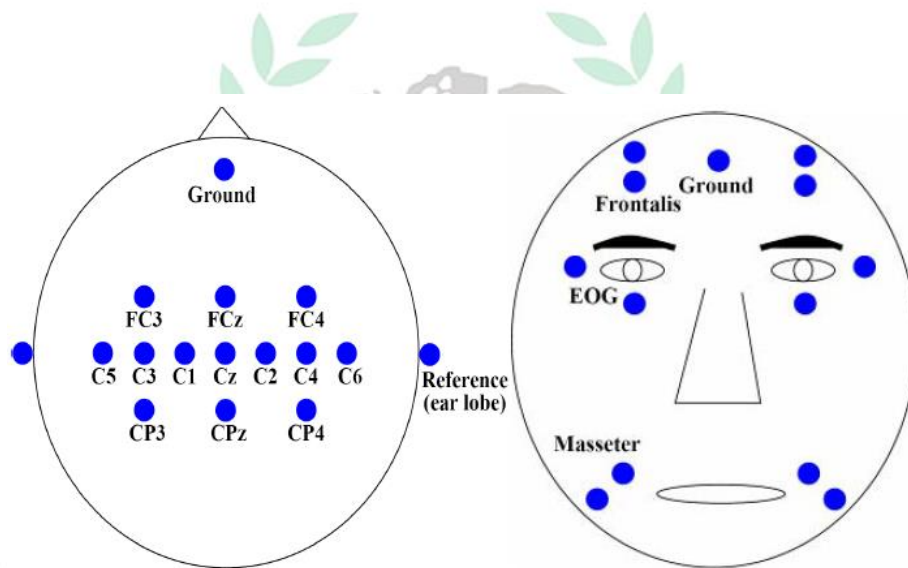


Figura 3: montaje para la tomade datos y los tres montajes de interpretación de datos.

Fuente: Xinyi Yong, Rabab K Ward and Gary E. Birch “Facial EMG Contamination of EEG Signals:Characteristics and Effects of Spatial Filtering” ISCCSP 2008, Malta, 12-14 March 2008.

#### 5.4 On the Use of Instantaneous Mean Frequency Estimated from the Hilbert Spectrum of Facial Electromyography for Differentiating Core Affects.

La Actividad electromiográfica (EMG) capturada por músculos faciales específicos podrían ser utilizados para interpretar uno experiencia afectiva. Este estudio se basa en el cambio EMG en frecuencia media en primer lugar se reliza un filtro adaptativo para segunda parte

se implementa un metodo novedoso como lo es IMNF estimado a travez del espectro de hilbert [5].

El rostro del ser humano nos brinda variedad de señales expecificas para la comunicación las que nos permiten ser un emisor y receptor de gran cantidad para reconocer distintintas para la comunicación interpesonal con las de mas personas que nos rodean, estas espresiones en mayor parte no son innatas deben de llevar un entrenamiento por rel cual el sujeto tiene al trascurso de su vidad.

Por lo tanto, el procesamiento de la señal y el análisis de EMG facial toma un papel esencial en la interpretación de la cara EMG y su relación con los estados afectivos o de animo del sujeto, hace que Estudios previos destinados a discriminar estados afectivos basado en EMG facial generalmente emplean características de dominio de tiempo (es decir, amplitud) con normalización, como log10 transformación y puntaje Z , y otras características como la frecuencia media o mediana (MNF o MDF) basada en Transformada de Fourier [1]). Este tipo de análisis no tiene en cuenta el análisis conjunto de tiempo, frecuencia y energía de la señal, que puede aportar información adicional [2].

Como lo menciona la estimación del espectro de Hilbert se refiere a la descomposicion de modo que descompone la señal original en función de modo intrínseca OMF y después al proceso de tamizado, esta debe cumplir dos condiciones:

1. Todo el conjunto de los datos el numero de cruces por cero de ser igual o diferente a lo q sumo en uno.
2. En cual quier punto la envolvente definida por los máximos locales y la embolbente definida por os minimos locales es 0.

Ya después de tener los componentes de FMI, ya se puede hacer uso de la tarsformada de Hilbert para obtener el espectro y la frecuencia intantanea wn función del tiempo; con lo cual ya se puede recuperar la frecuencia instantánea de cada FMI, de acuerdo con karlsson [1], el IMNF se define como:

$$IMNF = \frac{\int_0^f wp(t, w)dw}{\int_0^f p(t, w)dw}$$

Donde

f = es la frecuencia de Nyquist

p(t,w) = a densidad espectral de potencia dependiente del tiempo

## 5.5 Facial Electromyography for Characterization of Emotions using Lab VIEW

El rostro humano se considera como fuente de información para revelar el estado afectivo de una persona. Esta señal en bruto se filtra y se abre. El tiempo funciones de dominio

como valor cuadrático medio (RMS), mediana valor y valor absoluto medio se extraen. Dependiendo de características de umbralización extraída [6].

Par el filtrado de estas señales se evidencia que reduce las anomalías que ocurren durante adquisición de la señal de diferentes equipos biomédicos. Cuando se detecta EMG facial y se registra la mayor preocupación es relación de señal a ruido[6]. El modelo simple de señal EMG está dado por:

$$f(x) = \sum_{n=0}^{N-1} H(n)P(x - n) + w(x)$$

Donde

F(x) es la señal EMG modelo

P (x) se procesa punto que representa el impulso de disparo

H (n), es la unidad de motor Potencial de acción

W (x) es Gaussiano blanco adictivo medio cero ruido

N es el número de disparos de la unidad del motor.

Y para hallar su valor RMS El nivel de activación, la energía de la señal, la duración y la fuerza de la señal viene dada por la amplitud. La fuerza de la contracción muscular está dada por la raíz media cuadrado, RMS de superficie EMG es asociado con el número de fibras musculares activas donde acontinuacion se muestra su exprecion matematica .[6]

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N x_n^2}$$

Donde

Xn= es la señal adquirida

N =es la longitud de xn

Los Libertadores  
Fundación Universitaria

## 6 MARCO TEÓRICO

### 6.1 QUE ES LA ELETROMIOGRAFIA

Para empezar debemes se debe tener claro que es la electromiografía, es un procedimiento de dicnostico que se utiliza para observa el esado de salud en que se encuentrea en general nuestro sistema muscular nervioso (neurona motora).

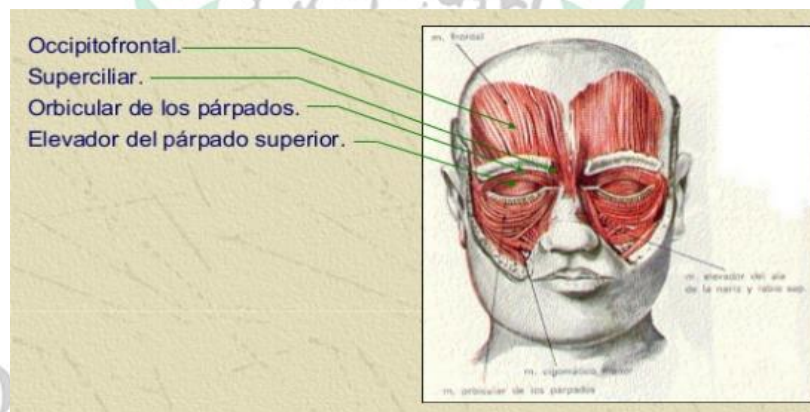
El funcionamiento para que se produzca la electromigrafia se basa en la neurona motora de la siguiente manera el cuerpo pormedio del sistema nervioso envía impulsos o señales eléctricas muy pequeñas que hacen que los musculos se contraigan y se ocacione un movimiento la EMG [7], lo que nos ayuda es a tomar estos impulsos o señales los convierte

en graficos o valores numéricos los cuales son los que termina usado a final el sujeto para su interpretación.

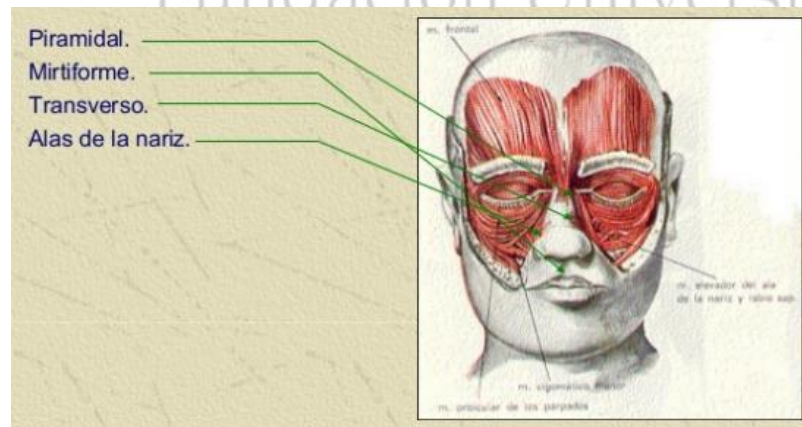
Gracias a avance tecnológico y la investigación desde hace algunos años la electromiografía ya no tiene únicamente enfoque en la salud, también se enfoca en el pensamiento critico investigativo ya que por sus características se pueden investigar de distintas maneras.

## 6.2 MUSCULOS INVOLUCRADOS

En esta parte se hablara especificamete de los musculos extrincicos e intrincicos del rostro como se tiene en la figura 4 se observan los músculos que se involucraran en el movimiento facial figura 4(a) occipitofrontal, superficial, orbicular de los párpados, elevador del párpado superior; figura 4(b) piramidal, mirtiforme, transverso, alas de la nariz.



(a)



(b)

Figura 4: (a) músculos de frente, cejas, párpados y (b) músculos de la nariz.

Fuente: Juan Miguel Lavado Pantoja "Anatomía Funcional de los Músculos De la Cara" el 23 de jun. de 2014.

Estos músculos cuentan con algunas características tales como:

- El aspecto potencia y recorrido de estos músculos es muy distinto al resto de los músculos esqueléticos.
- No generan movimientos mediante una palanca ósea.
- Tienen una inserción fija ósea y una inserción móvil cutánea.
- La gravedad no afecta estos músculos.
- Todo se encuentran alrededor de los orificios de la cara
- Juegan un papel esencial en la mímica y la expresión facial.

| MÚSCULO                       | ORIGEN   | INSERCIÓN   | FUNCIÓN                    |
|-------------------------------|--|---|----------------------------|
| OCCIPITO-FRONTAL              | 2/3 laterales de la curva occipital superior.<br>Región mastoidea temporal.  | Cara profunda de la piel de la región ciliar.   | Eleva las cejas.           |
| SUPERCILIAR                   | Extremo interno del arco superciliar.  | Cara profunda de la piel de la ceja.  | Frunce el entrecejo.       |
| ORBICULAR DE LOS PÁRPADOS     | PORCIÓN PALPEBRAL: Porción lateral del ligamento interno y cresta posterior del hueso lagrimal.<br>PORCIÓN ORBITARIA: Parte nasal del hueso frontal, rama ascendente del maxilar superior y cara anterior y borde del ligamento lateral interno. | PORCIÓN PALPEBRAL: Rafe palpebral externo.<br>PORCIÓN ORBITARIA: Ángulo externo del ojo.  | Cierra los párpados.       |
| ELEVADOR DEL PÁRPADO SUPERIOR | Cara inferior del esfenoides   | SUPERFICIAL: Cara profunda de la piel del párpado superior.<br>MEDIA: Borde superior del tarso superior.<br>PROFUNDA: Desemboca en el fondo del saco superior de la conjuntiva. | Eleva el párpado superior. |

Tabla 1: origen inserción y función de los músculos de frente, cejas y párpados.



| MÚSCULO   | ORIGEN  | INSERCIÓN   | FUNCIÓN  |
|---|---|---|--|
| PIRAMIDAL DE LA NARIZ                             | Parte inferior del hueso nasal.   | Cara profunda de la piel de la región intercililar  | Eleva la piel de la raíz de la nariz.  |
| TRANSVERSO DE LA NARIZ                            | Línea aponeurótica del dorso de la nariz.   | Cara profunda de la piel de los bordes de la nariz.   | Dilata los orificios de la nariz.  |
| ALA DE LA NARIZ                                   | Cartilago lateral del ala de la nariz.  | Cara profunda de la piel del surco nasolabial.  | Dilata los orificios de la nariz.  |
| MIRTIFORME  | Foseta mirtiforme del maxilar superior y de la protuberancia alveolar del canino.   | Tabique nasal y borde posterior del ala de la nariz.  | Desciende el ala de la nariz y estrecha el orificio nasal.<br>Desciende el labio superior. |
| ELEVADOR DEL LABIO SUPERIOR Y DEL ALA DE LA NARIZ | SUPERFICIAL: Cara externa de la apófisis ascendente del maxilar superior.<br>PROFUNDA: Mitad interna del borde inferior suborbitario. | SUPERFICIAL: Cara profunda de la piel del borde posterior del ala de la nariz y del labio superior.<br>PROFUNDA: Cara profunda de la piel del borde inferior del ala de la nariz y del labio superior | Eleva el ala de la nariz y el labio superior.  |

Tabla 2: origen inserción y función de los musculos de la nariz.

Fuente: Juan Miguel Lavado Pantoja "Anatomía Funcional de los Musculos De la Cara" 1-37 (10 -12) el 23 de jun. de 2014.

### 6.3 COMO SE PRODUCE LA ELECTROMIOGRAFIA EN EL CUERPO

La EMG tiene asociados procesos electroquímicos, que, dicho en otras palabras, significa que nuestro cuerpo genera electricidad o propiamente impulsos eléctricos, aunque estos son de baja intensidad. Cualquier músculo o grupo muscular del cuerpo produce esos impulsos eléctricos tales impulsos los generan los nervios que inervan los músculos. Como ocurre con la actividad eléctrica que se produce en el cerebro, la de los músculos se puede registrar mediante un aparato denominado electromiógrafo, que proporciona un registro gráfico que recibe el nombre de electromiograma o electromiografía como se tiene en la figura 5.

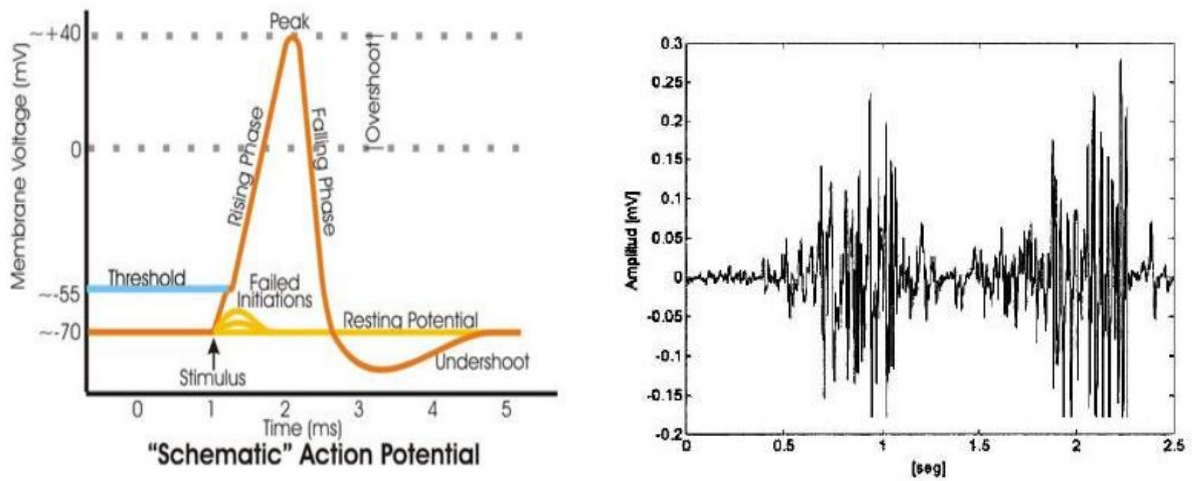


Figura 5: señal electromiografía y electromiograma.

Fuente: Daniel Goldman, Sarah Sharpe, Nick Gravish” IntroductionToElectromyography”  
[www.handsonresearch.org/2012](http://www.handsonresearch.org/2012)

En la célula muscular, situando un electrodo en el interior de la fibra y otro en el exterior se puede divisar una diferencia de potencial de reposo que puede ser de unos 90 milivoltios. El potencial producido es generado por diversas concentraciones de iones como  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Cl}^-$ , etc. Los músculos pueden sufrir despolarizaciones transitorias que son llamados potenciales de acción que determinan la actividad del mecanismo contráctil de la fibra muscular. [8]

#### 6.4 ESTRUCTURA MUSCULAR

En los músculos se pueden distinguir dos tipos de unidades, las anatómicas y las funcionales. La unidad anatómica es la fibra muscular y la unidad funcional o la unidad motora. Una unidad motora se define como la neurona motora encargada del control muscular fino y preciso; es un grupo de fibras musculares inervado por una única motoneurona de la médula espinal o de un núcleo motor del tallo cerebral.

Este concepto fue introducido por Liddell y Sherrington y comprende una motoneurona, su axón, las ramificaciones de éste y el conjunto de fibras musculares sobre los que estos hacen contacto sináptico, como se puede observar en la figura 6. Si la motoneurona sufre una despolarización, ésta recorre todo el axón hasta las terminaciones sinápticas y provoca la despolarización. La unidad contráctil de la musculatura del esqueleto es la fibra muscular, que es una célula cilíndrica de unos 50  $\mu\text{m}$  de diámetro, que al ser estimulada se contrae desarrollando fuerza como se muestra en la figura 6.

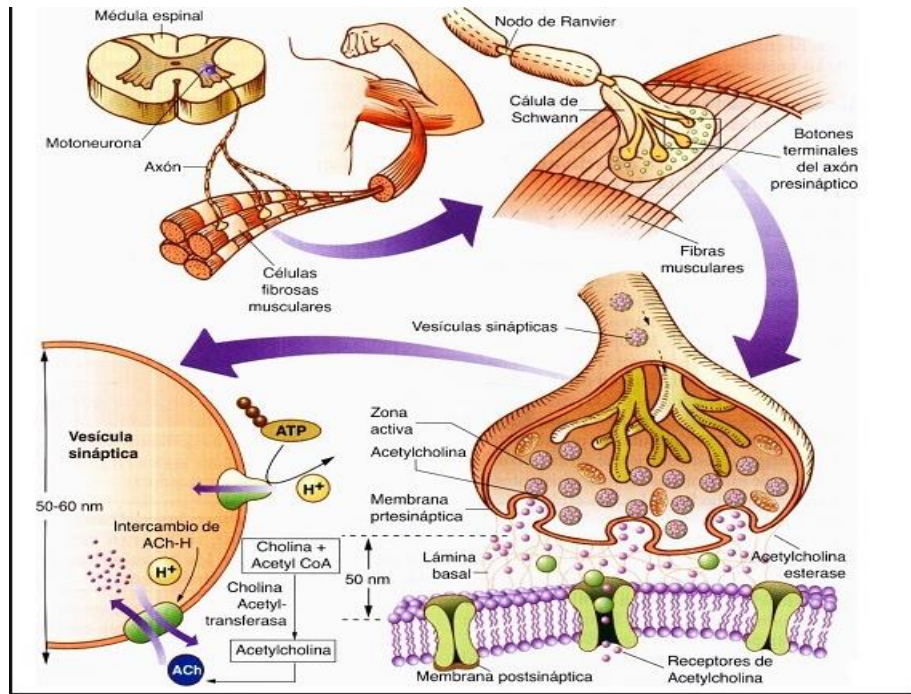


Figura 6: funcionamiento de unidad motora.

Fuente: sebastian Gomez” La unión neuromuscular: la placa motora”  
2014/nov/19

### ORGANIZACIÓN DE LA FIBRA MUSCULAR

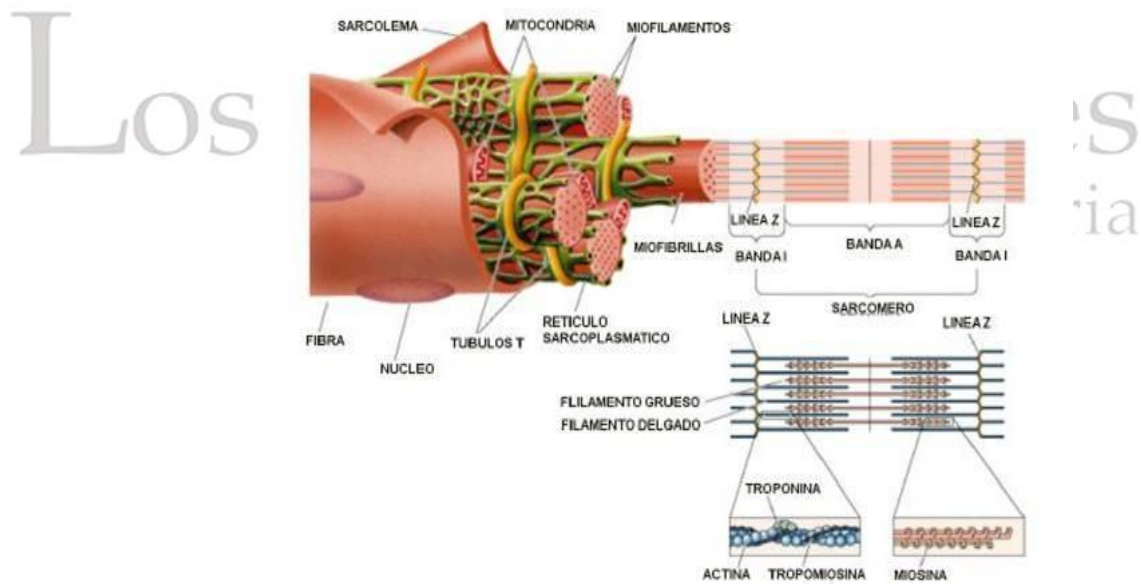


Figura 7: unidad contráctil de la fibra muscular

Fuente:biohumana35.blogspot.com.co”sistema-muscular-celula-muscular”(2011/06)

Luego de tener claro como es el funcionamiento muscular en el cuerpo humano y el proceso que conlleva el musculo para generar una señal eléctrica, se tiene en cuenta la manera de como tomar estas señales y se ejecutara a partir del sensor **DFRobot Heart Rate Monitor Sensor**, este sensor muscular de DFRobot mide la actividad de un músculo al monitorear el potencial eléctrico generado por las células musculares. El sensor amplifica y procesa la compleja actividad eléctrica de un músculo y lo convierte en una señal analógica simple que puede ser leída fácilmente por cualquier microcontrolador con un convertidor analógico a digital (ADC).

Como se ve en la figura 8, estas son las señales que se obtienen del sensor al ejecutar cualquier movimiento muscular, que a su vez se almacenaran en un banco de datos para su respectivo tratamiento.



Figura 8: señal EMG obtenida del sensor.

## 7 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Todos los sistemas que existen para ayudar a las personas con discapacidad motora, a realizar sus tareas cotidianas con mayor facilidad utilizan dispositivos tecnológicos como controles remotos, teléfonos, tabletas, entre otros. Obviamente personas con discapacidad motora total o parcial en sus extremidades se les hace casi imposible la manipulación de este tipo de tecnología, por eso la caracterización muscular de las señales generadas al tener movimientos faciales debe ser una herramienta útil para aquellas personas con ciertas limitaciones motoras.

## 8 METODOLOGÍA

Conociendo la ubicación de los músculos que generan señales eléctricas cuando se cumple la labor fruncir el ceño como se puede ver en la figura 4 (a) y (a), se utiliza el sensor EMG **DFRobot Heart Rate Monitor Sensor** (figura 9), para obtener estas señales electromiográficas. Este sensor se encarga de obtener la señal con ayuda de almohadillas mioeléctricas capaces de captar los campos eléctricos superficiales, La posición y orientación de los electrodos del sensor muscular tiene un efecto a la respuesta de la señal. Los electrodos deben colocarse en el medio del cuerpo del músculo y deben estar alineados con la orientación de las fibras muscular. Colocar el sensor en otros lugares reduce la resistencia y la calidad de la señal del sensor debido a interferencia atribuida a diafonía, este sensor también se encarga de amplificar la señal obtenida, filtrar para tener una señal más limpia y más óptima para analizar.

Con ayuda del conversor Analogo-digital de un microcontrolador se muestrea la señal entregada por el sensor Myoware, los datos son enviados mediante el modulo serial del mismo dispositivo hacia una computadora donde se almacenan y analizan. Los datos adquiridos se obtienen experimentalmente, se ubican los electrodos en los músculos de la cara como se muestra en la fig.1 el sujeto de prueba, se solicita al mismo que con movimientos pronunciados para adquirir los datos.

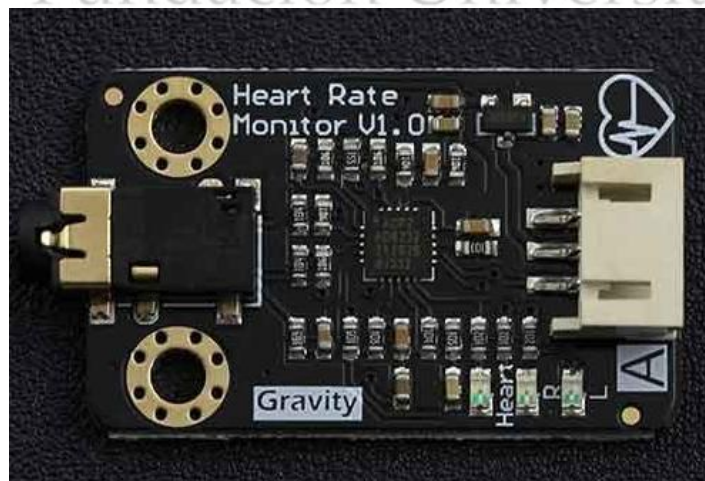


Figura 9: DFRobot Heart Rate Monitor Sensor

**Fuente:** [www.pakronics.com.au/products/gravity-heart-rate-monitor-sensor-dfsen0213](http://www.pakronics.com.au/products/gravity-heart-rate-monitor-sensor-dfsen0213)

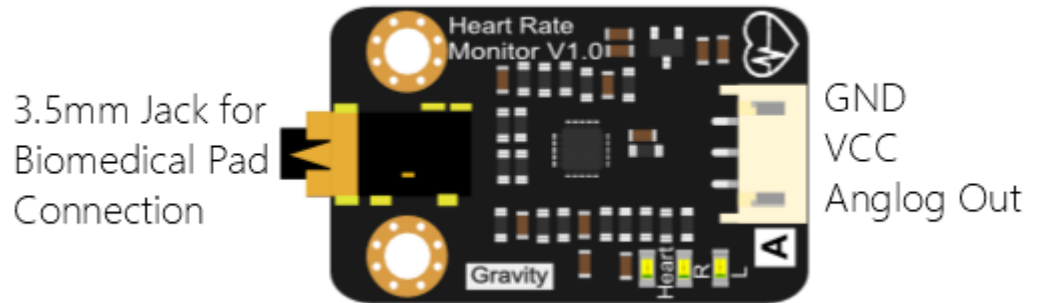


Figura 10: layout

Fuente: [www.dfrobot.com/wiki/images/6/62/Heart\\_rate\\_SEN0213\\_overall.png](http://www.dfrobot.com/wiki/images/6/62/Heart_rate_SEN0213_overall.png)

En a la figura 10 se observa el pin-out del sensor de lectura electromiográfica que se usa para la adquisición de datos, por cada movimiento muscular.

Aprovechando los datos que se pueden adquirir con el sensor DFRobot Heart Rate Monitor Sensor, utilizado para adquirir señales de electromiografía facial, se construirá un banco de datos que contengan los datos temporales de los movimientos (pestañeo, movimiento de los ojos, levantar cejas, sonrisa, entre otros), en una población de personas. Con el banco de datos adquirido se analizará algoritmos de aprendizaje de máquina, para encontrar patrones que permitan clasificar e identificar dichos gestos.

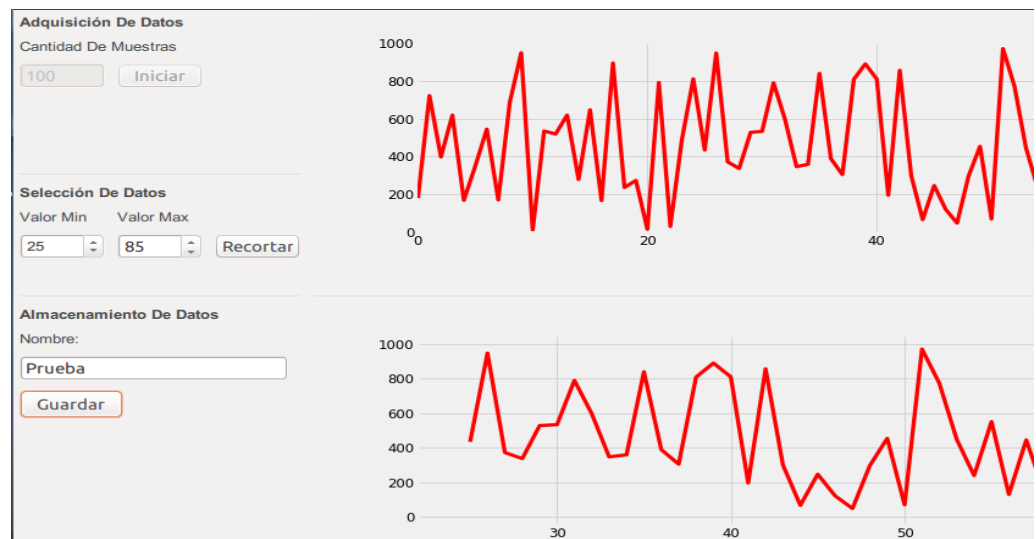


Figura 11: interfaz gráfica donde se obtienen las señales del sensor.

Una vez se tengan las señales asociada a los movimientos como se tiene en la figura 11, se proceden a analizar. Las series tiempo pueden dar una idea de cómo abordar los datos que se están adquiriendo; El comportamiento de las series de tiempo, se debe a 4 componentes: la tendencia, la variación cíclica, la variación estacional y la variación irregular, el usar la estadística puede proporcionar una herramienta para caracterizar el comportamiento de las señales obtenidas y que están asociadas al movimiento generado por los músculos extrínsecos de la cara al hacer gestos faciales.

Los Libertadores  
Fundación Universitaria

## 9 ALCANCES Y LIMITACIONES

El proyecto realizado en este documento tiene como alcance el estudio de las señales electromiográficas, pasando por la deducción de las características más comunes entre las señales miográficas, realizando toma de datos sobre diferentes personas, quienes generan datos por medio de la gesticulación facial, y así, de esta manera, hacer uso de los datos, para su interpretación obteniendo diferentes análisis y conclusiones con respecto a la señal.

Dado que el tema de la caracterización de gestos faciales no es muy común y extensa, una de las limitaciones de este proyecto es la poca información y casos de uso enfocados a ello, en la actualidad. Ya que es algo poco visto en la cotidianidad, trayendo la afirmación anterior otra limitante: no es común tener este tipo de sensores al alcance. Aún así, es

importante comenzar a tratar y a explorar este tipo de avance tecnológico e investigativo , debido a que es algo que está tomando cada día más fuerza y necesita constante estudio en muchos ámbitos tanto personales como laborales.

La expansión de la propuesta de este trabajo de grado, como trabajo futuro, alimentará aplicaciones que permitirá analizar y caracterizar tráfico de datos en redes Ad Hoc, con interoperabilidad al Internet de las Cosas. La aplicación de señales de electromiografía facial.

## 10 ANÁLISIS DE RESULTADOS

se realizo una tomade datos por medio del sensor **DFRobot Heart Rate Monitor Sensor** y la ayuda del osciloscopio y se obtuvo las siguientes imágenes realizando los diferentes movimientos faciales como: cerrar los ojos, levantar cejas, levantar ceja izquierda y derecha y por ultimo sonreir.

En la figura 12 se observa el sjeto de pruba con los sensores ubicados para la toma de las señles, se pide a que genere los movimientos anteriormente nombrados para su visulizacion en el osciloscopio.

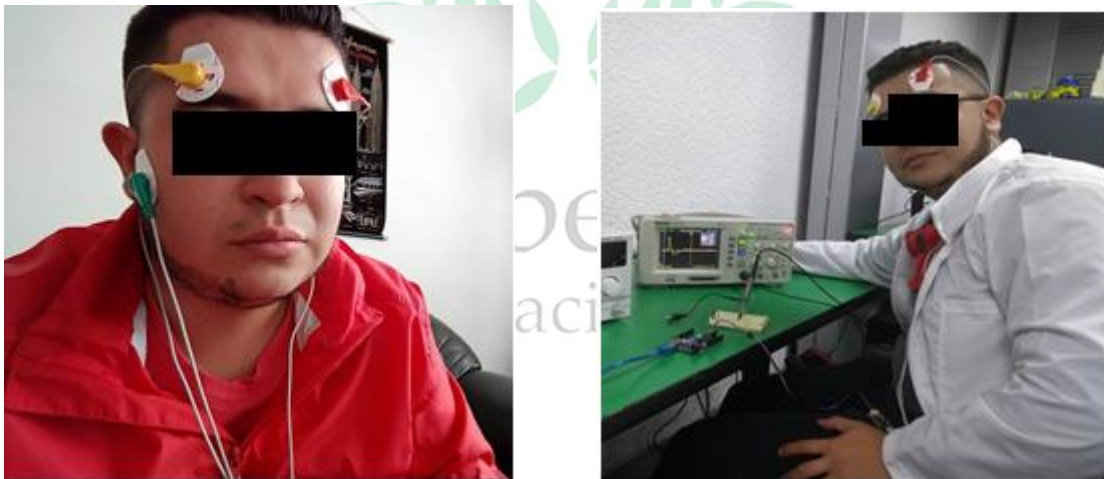


Figura 12: sujeto de prueba con ubicación de los electrodos.

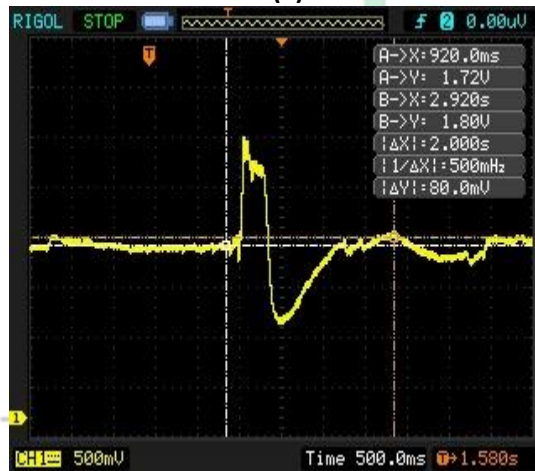




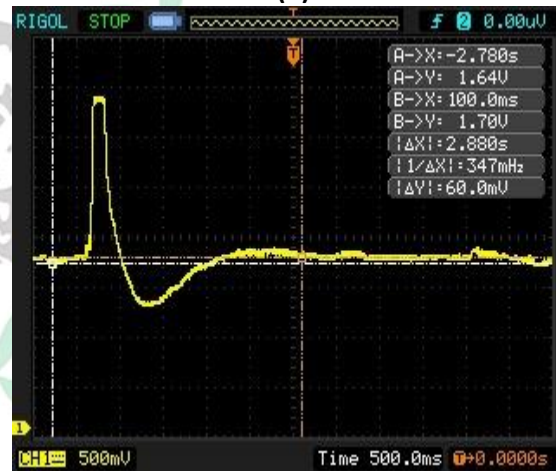
(a)



(b)



(c)

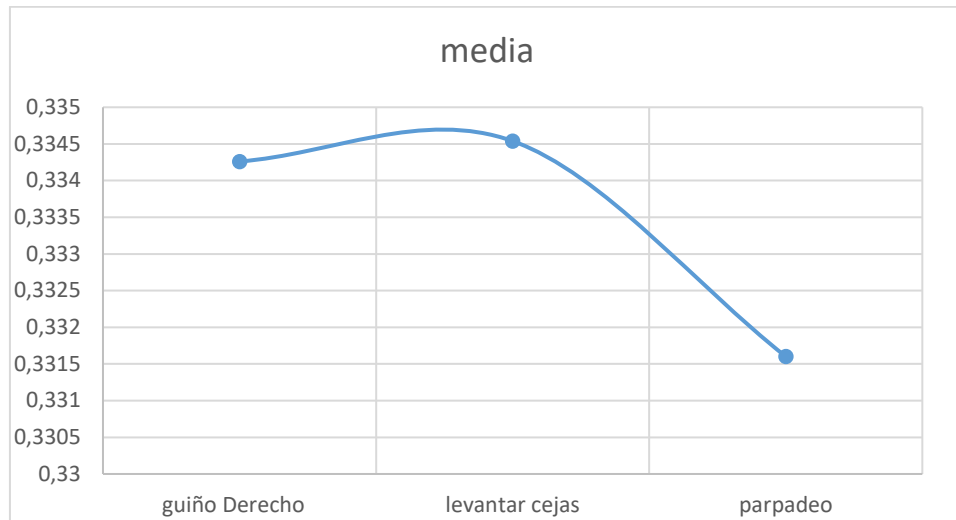


(d)

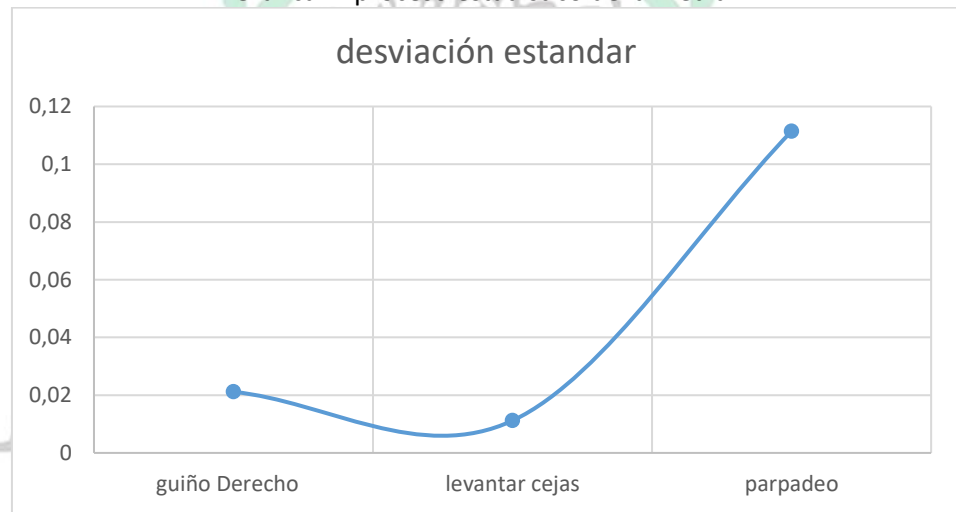
Figura 13: (a) levantar cejas, (b) levantamiento ceja derecha, (c) levantamiento ceja, (d) cerrar ojos.

Con la herramienta arduino para la captura de datos, y la interfaz diseñada en Python Se realiza una comparación de las señales y un análisis estadístico aplicando la desviación estándar a la señal obtenida experimentalmente.

Con estos valores es posible realizar la caracterización de las señales en el dominio del tiempo, como se observan en las graficas 1 y 2 se puede decir que si la media se encuentra entre 0,334 y 0,3345 y su desviación estándar se encuentra en 0,0215 entonces se puede decir que la señal que se obtenga bajo estos aspectos correspondería a guiño de ojo derecho, de igual manera se podría con levantar cejas si su media se encuentra entre 0,3345 y 0,3355 y su desviación está entre 0 y 0,022 se caracterizaría como levantamiento de cejas y por último si la media se está entre 0,3315 y 0,332 y la desviación entre 0,1 y 0,12 el gesto de la señal caracterizada sería parpadeo.



Grafica 1: proceso estadístico de la media .



Grafica 2: proceso de la desviación estándar.



Grafica 3: varianza estadística.



### CONCLUSIONES

Ya que la electromiografía tiene como característica la detección de atrofas o enfermedades musculares y no tiene un uso muy detallado en cuanto al área de tecnología es un problema que se puede ver desde diferentes puntos de vista y ya que su bibliografía no es bastante amplia, esto nos impulsa a la investigación y la exploración de nuevas tecnologías para implementación y la ayuda para personas con discapacidad motora.

Al realizar la caracterización se tuvo en cuenta la bibliografía de consulta y allí se observa que los autores se basan en métodos como la transformada rápida de Fourier, el espectro

de hilbert, wavelet, el valor rms de la señal electromiografica, entre otros. En este trabajo se propone usar herramientas estadísticas como un método alternativo, para encontrar patrones y clasificar los gestos fáciles estudiados de los cuales se han venido hablando durante la investigación realizada.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Dr. C. Roger Álvarez Fiallo,<sup>1</sup> Dr. C. Carlos Santos Anzorandia<sup>2</sup> and Dra. C. Esther Medina Herrera<sup>3</sup> "Desarrollo histórico y fundamentos teóricos de la electromiografía como medio diagnóstico" *Rev Cubana Med Milit* 2006;35(4).
2. S. Karlsson, J. Y. J. Yu, and M. Akay, "Spectral analysis of myoelectric signals by wavelet methods," *Proc. 2nd Int. Conf. Bioelectromagn. (Cat. No.98TH8269)*, no. February, pp. 33–34, 1998.
3. M. M. de Andrade, J. C. do Carmo, F. A. O. Nascimento, J. F. Camapum, I. dos Santos, L. Mochizuki, A. F. da Rocha "Evaluation of Techniques for the Study of electromyographic Signals" *Proceedings of the 28th IEEE*. New York City, USA, Aug 30-Sept 3, 2006
4. Xinyi Yong, Rabab K Ward and Gary E. Birch "Facial EMG Contamination of EEG Signals: Characteristics and Effects of Spatial Filtering" *ISCCSP 2008*, Malta, 12-14 March 2008.

5. Jun-Wen Tan<sup>1</sup>, Adriano O. Andrade<sup>2</sup>, Steffen Walter<sup>1</sup>, Hang Li<sup>1</sup>, David Hrabal<sup>1</sup>, Stefanie Rukavina<sup>1</sup>, Kerstin Limbrecht-Ecklundt<sup>1</sup>, Harald C. Traue<sup>1</sup> "On the Use of Instantaneous Mean Frequency Estimated from the Hilbert Spectrum of Facial Electromyography for Differentiating Core Affects." 2012 5th International Conference on BioMedical Engineering and Informatics.
6. Dhanshree Thulkar and Tushar Bhaskarwar "Facial Electromyography for haracterization of Emotions using Lab VIEW" India. May 28-30,2015
7. [www.mayoclinic.org/es-es/tests-procedures/emg/pac-20393913](http://www.mayoclinic.org/es-es/tests-procedures/emg/pac-20393913) Oct. 25, 2012
8. Rafael BarreraNavarro "ELECTROMIOGRAFIA" UNIVERSIDAD DE ALCALÁ DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA(2013).
9. Susmit Bhowmik, Beth Jelfs, Sridhar P. Arjunan and Dinesh K. Kumar "Outlier Removal in Facial Surface Electromyography through Hampel Filtering Technique" 2017 IEEE.
10. Monica Perusquía-Hernandez, Mazakasu Hirokawa and Kenji Suzuki "Spontaneous and posed smile recognition based on spatial and temporal patterns of facial EMG" 2017 Seventh International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction.
11. Mingzhe Jiang<sup>1</sup>, Tuan Nguyen Gia<sup>1</sup>, Arman Anzanpour<sup>1</sup>, Amir-Mohammad Rahmani<sup>1,2</sup>, Tomi Westerlund, Anna Salanterä<sup>3</sup>, Pasi Liljeberg<sup>1</sup>, and Hannu Tenhunen "IoT-based Remote Facial Expression Monitoring System with sEMG Signal" ©2016 IEEE.
12. Meredith J. Cler, *Member, IEEE*, and Cara E. Stepp, *Member, IEEE* "Discrete Versus Continuous Mapping of Facial Electromyography for Human–Machine Interface Control: Performance and Training Effects" IEEE TRANSACTIONS ON NEURAL SYSTEMS AND REHABILITATION ENGINEERING, VOL. 23, NO. 4, JULY 2015.
13. Takashi Yamada<sup>1†</sup> and Tomio Watanabe "Analysis of Facial Expressions during Muscle Strain Using a HMD-based Virtual Arm Wrestling System Designed for Facial Electromyography Measurement" September 9-12, 2014, Hokkaido University, Sapporo, Japan.
14. Xinyi Yong, Rabab K Ward and Gary E. Birch "Facial EMG Contamination of EEG signals: Characteristics and Effects of Spatial Filtering" ISCCSP 2008, Malta, 12-14 March 2008.



Los Libertadores  
Fundación Universitaria