

**INFORME DE SEMINARIO**

**MONITOREO Y TRATAMIENTO DE SEÑALES BIOMEDICAS**

**Expositor(es): Juan Gonzalo Zuluaga**

**Lugar y fecha: Instituto Tecnológico Metropolitano**

**Mayo 30 a Junio 26 2016**

**Edi Patricia Nava Quintero**

**C: 1017165555**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO**

**Facultad de Ciencias Exactas y Aplicadas**

**Programa Académico**

**Octubre 06 2016**

## **Monitoreo y Tratamiento de Señales Biomédicas**

### **1. INTRODUCCIÓN**

Las señales fisiológicas son la información que transmite el cuerpo y nos permite detectar diferentes patologías, estas señales para poder ser interpretadas deben ser procesadas de manera que permita un diagnóstico seguro para el paciente, existen diferentes métodos y aplicaciones para tomar y tratar dichas señales, como también para leerlas y monitorizarlas, una de estas es el monitoreo remoto que es una herramienta de gran utilidad en el presente, es de uso común en diferentes áreas como la industria, deportes, hogar y salud, en este último es muy común el monitoreo remoto de señales fisiológicas, las cuales pueden ser tomadas y procesadas desde un punto, leídas e interpretadas a muchos kilómetros del paciente, por parte de un especialista, existen muchos tipos de tecnología en el monitoreo, como las tecnologías móvil por medio de sus diferentes sistemas de transmisión de datos (GPRS, Bluetooth, WiFi), otros como Zigbee y cada día se trabaja para desarrollar sistemas más complejos que permitan un tratamiento completo.

El estudio del cerebro tanto en EEG y neurocirugía es un tema de interés por el cual se vienen realizando múltiples investigaciones de su funcionamiento, señales, patologías y los diferentes tratamientos, el monitoreo juega un papel importante, por lo cual se están desarrollando diferentes aplicaciones y métodos que permiten procesar señales (adquisición, filtro, amplificación, conversión A/D), transmitir las y monitorearlas. En el presente existe muchas aplicaciones, como el neuromonitoreo, navegación, estimulación cerebral profunda para el tratamiento del temblor, y el sensor cerebral.

En Colombia el desarrollo de estas tecnologías se encuentra en etapas de investigación, las cuales pocas veces pasan al proceso de comercialización debido a la poca inversión y credibilidad de los productos nacionales.

## **2. ESTADO DEL ARTE**

### **2.1 Objetivo:**

Describir los diferentes tipos de monitoreo de señales que existen en el sector salud, como se aplica en las señales cerebrales y en neurocirugía, las aplicaciones que existen en el presente, lo que se está desarrollando en Colombia y el mundo para el futuro.

### **2.2 Metodología:**

El tratamiento y monitoreo en neurocirugía y en señales EEG es un tema amplio y de gran interés en el mundo científico y tecnológico, es por esto que se encuentran diversos estudios respecto al tema, especialmente de las señales EEG. Para abordar esta investigación y conocer sobre la adquisición, tratamiento, monitoreo y aplicaciones de estos procedimientos se buscará en la web en artículos científicos de las bases de datos inscritas en la institución, (Science.Gov, IEEE, Scielo, Embase entre otras), y revistas institucionales, se consultará con expertos en el área de monitoreo de señales EEG y cuáles son los recursos utilizados para éste, y se describirá basada en la experiencia algunos tipos de monitoreo que existen tanto en neurocirugía como en señales EEG.

Palabras claves: Electroencefalografía, GSM, monitoreo señales EEG, Neurocirugía, Procesamiento de señales, señales EEG, Zigbee.

## **2.3 Estado del Arte**

### **MONITOREO SEÑALES EEG**

#### **MONITOREO REMOTO**

El monitoreo remoto es una herramienta de gran importancia en la actualidad, ya que permite controlar y tomar decisiones sobre procesos que se están desarrollando en determinados momentos bien sea en empresa, hogar o en nuestro cuerpo.

Una de las primeras herramientas que se empezó a desarrollar fue el monitoreo por zigbee en 1998, el cual permitía, por medio de conexión inalámbrica que los dispositivos se conecten entre sí, permitiendo controlar diferentes parámetros del sistema conectado, una de las ventajas de este sistema es que es confiable, fácil manejo, poco consumo de batería y bajo costo [1].

En el área de la salud este tipo de tecnología es utilizado para el monitoreo del paciente, consta de un sistema compuesto por transmisor, punto acceso para preprocesamiento, almacenamiento y transmisión, todo esto se comunica con el especialista por medio de internet o intranet, visualizándose con una aplicación que recibe los datos [2] , este sistema permite monitorizar variables fisiológicas como, ritmo cardiaco, temperatura, presión, frecuencia respiratoria, y también a mujeres embarazadas.

Otros tipo de comunicación inalámbrica mucho más desarrollado es el GSM el cual es un módulo que contiene un transmisor celular (SIM) , que envía la información del panel al teléfono, es uno de los tipos de monitoreo más utilizado en el presente y que tiene diversas aplicaciones tanto en la industria como en la salud, una de las aplicaciones más comunes es el monitoreo del corazón, una compañía pionera en esta tecnología es

Biotronik pionera en el monitoreo a distancia de la estimulación cardíaca artificial. En el año 2001 se comercializaron los primeros marcapasos y monitores portátiles (Cardiomessengers) inalámbricos. Hoy en día existen más de 100 mil sistemas con HM implantados; más de 3 mil hospitales activos, cerca de cinco millones de transmisiones realizadas y alrededor de 16 mil transmisiones diarias. La tecnología del Home Monitoring® (HM) sólo es posible a través de la integración de diversas áreas tecnológicas, como la de telecomunicaciones y de informática con el área de electroterapia cardíaca. [3]

Una de las ventajas del avance de las telecomunicaciones es el desarrollo de aplicaciones que permiten monitorizar, detectar, y controlar el progreso de algunas enfermedades, hay muchos, un ejemplo de este lo encontramos en el área cardiovascular El ECG móvil, su funcionamiento es mediante el uso de sensores con un peso de 16 g que son llevados bajo la ropa del usuario, lo que permite que este se monitorice incluso durante el sueño. Posee una batería de hasta 27 horas de duración y la lectura llega al móvil mediante bluetooth. El objetivo es que, en caso de detectarse algún problema cardíaco como una arritmia, se envíe rápidamente una señal de alerta y la ubicación del paciente, logrando así salvar su vida. Esta aplicación permite mejorar el control del paciente ya que él podrá conocer cómo se encuentra su funcionamiento cardíaco sin necesidad de trasladarse hasta un hospital. [4]. En el área de neuro tenemos algunas aplicaciones, un ejemplo de esta es la 3D Brain, que utiliza una pantalla táctil para girar y enfocar zoom en torno a las estructuras cerebrales de forma interactiva. Esta aplicación ayuda a identificar cómo funciona cada región del cerebro, que le pasaría en el caso de que se lesione, y cómo está implicado en las enfermedades mentales. Todas las estructuras cerebrales tienen información sobre sus funciones, desórdenes, daños cerebrales, estudios de casos y enlaces a investigaciones recientes. [5]

En monitoreo remoto se ha avanzado rápidamente en este siglo XXI, cada día salen dispositivos que ofrecen mayor capacidad de almacenamiento, velocidad de transmisión, datos más precisos, un ejemplo de estos es el monitoreo remoto GSM-GPRS que permite enviar información de manera rápida, conexión a internet y mayor capacidad para almacenar datos [6] [7]

Una de las ventajas de este sistema, de monitoreo remoto es que se benefician todas las partes, los especialistas porque permite determinar tiempos apropiados para la terapia, prevenir complicaciones y aumenta la eficiencia clínica. Para el paciente permite que no haya desplazamientos, es seguro y mejora las condiciones de salud, y para el sector salud, reduce costos y hay mayor disponibilidad de la información al instante.

### **OBTENCIÓN DE LAS SEÑALES NEUROLOGICAS**

El estudio del cerebro ha sido de gran interés desde tiempos antiguos, se tienen datos de que las antiguas civilizaciones realizaban trepanaciones con el fin de estudiar y conocer más del cerebro, las señales neurológicas empezaron a ser estudiadas desde 1900 por Hans Berge que fue uno de los primeros en obtener un registro de EEG [8].

Las señales se obtienen por medio del tejido nervioso, el cual tiene la capacidad de generar potenciales eléctricos los cuales se producen como consecuencia de la actividad sináptica general del tejido: los PPSE (potenciales postsinápticos excitadores) y los PPSI (potenciales postsinápticos inhibidores) se suman entre si y dan origen a potenciales lentos que son las ondas registradas. Una de estas porciones de tejido capaz de producir actividad eléctrica se llama un GENERADOR. Y esta actividad eléctrica son las que se miden dan las señales de EEG, que es una técnica de neuroimagenología que consiste en mediciones de voltaje registradas por uno o más electrodos ubicados en la superficie del cráneo (no-invasivo),

También existe otras formas para obtener señales cerebrales y es de manera invasiva dentro de la corteza cerebral con electrodos quirúrgicos de aplicación profunda a este tipo de exámenes se les llama estéreo-electroencefalografía [9].

En las señales cerebrales se identifican unos tipos de onda, las cuales representan un estado del cerebro, las cuales son:

1. Delta ( $\delta$ ): Este tipo de onda se caracteriza por que tiene una frecuencia baja y gran amplitud, su rango se encuentra entre 0,5 y 3,5 Hz, y la amplitud es de 20 a 200  $\mu$ V. Normalmente este tipo de onda se ve en adultos sanos, exclusivamente durante el sueño profundo. En caso de detectarse en una persona despierta, puede indicar que existe algún tipo de anormalidad en el cerebro.
2. Theta ( $\theta$ ): Esta onda es poco común que las demás. Su frecuencia se encuentra entre la banda de 4 a 7 Hz, con amplitudes que oscilan entre 20 y 100  $\mu$ V. En los niños se puede visualizar con mayor frecuencia, y en adultos sanos, se pueden detectar en estado de adormecimiento y sueño. Se registra en el lóbulo temporal.
3. Alfa ( $\alpha$ ): se manifiesta principalmente en la banda de frecuencias de 8 a 13 Hz, con amplitudes que oscilan entre 20 y 60  $\mu$ V. Se encuentran en el electroencefalograma de la mayoría de los adultos sanos, con los ojos cerrados o con reposo visual, despiertos con un estado mental tranquilo y de reposo. El ritmo alfa es bloqueado o atenuado por la atención, especialmente visual y esfuerzo mental o físico. Durante el sueño profundo también desaparecen las ondas alfa. Se observa principalmente en la zona posterior de la cabeza, en el área occipital, parietal y la región temporal posterior.
4. Mu ( $\mu$ ): Se manifiesta en la banda de 8 a 13 Hz tiene una amplitud menor a 50  $\mu$ V. Tenemos que este tipo de onda tiene similitud en frecuencia y amplitud con las de las ondas alfa, pero Mu presenta características topográficas y fisiológicas claramente diferentes. El ritmo  $\mu$  se detecta en la corteza motora primaria,

bloqueándose con la realización de movimientos, estímulos táctiles y visuales; e incluso con la imaginación o preparación de un movimiento

5. Beta ( $\beta$ ): Esta onda presenta un ritmo irregular, su frecuencia oscila entre 13 y 30 Hz. Su amplitud aproximada está entre 2 y 20  $\mu$ V. Normalmente esta onda se asocia con un estado de concentración mental. Se detecta principalmente en la región central y frontal del cuero cabelludo, cerca o sobre la corteza motora primaria. Cuando una persona realiza actividades mentales o físicas es muy común ver estas ondas. La banda central de este ritmo está relacionada con el movimiento de las extremidades, tomando sus valores de amplitud máximos algunas centésimas de segundo luego de la realización de un movimiento. [10]
6. Gamma ( $\gamma$ ): Esta se presenta con frecuencias que mayores a los 30 HZ, y su rango de amplitud es de 5 y 10  $\mu$ V. Es una actividad armónica y suele presentarse como respuesta a los estímulos sensoriales, como sonidos contundentes o luces intermitentes. Esta actividad se puede observar en una zona extensa de la corteza cerebral, manifestándose principalmente en la zona frontal y la central. [11][12]

Todas las ondas están presentes en nuestro cerebro, depende de nuestro estado mental unas se perciben más que las otras, Normalmente Beta está presente en la conciencia normal de vigilia y el estrés, las ondas cerebrales Alfa en profunda relajación, Theta en la meditación y el sueño ligero, las más lentas ondas Delta en el sueño profundo sin sueños y la meditación trascendental y las menos reconocidas ondas Gamma son más rápidas y se asocian con una repentina introspección. El nivel óptimo para la visualización es el Límite Alpha-Theta es la puerta de entrada a la mente subconsciente. [13]

Estas señales pueden captarse por diversos procedimientos:

- Sobre el cuero cabelludo.
- En la base del cráneo.



- En cerebro expuesto.
- En localizaciones cerebrales profundas.

Para captar la señal se utilizan diferentes tipos de electrodos:

- Electrodo superficiales: Se aplican sobre el cuero cabelludo.
- Electrodo basales: Se aplican en la base del cráneo sin necesidad de procedimiento quirúrgico.
- Electrodo quirúrgicos: para su aplicación es precisa la cirugía y pueden ser corticales o intracerebrales.

El registro de la actividad bioeléctrica cerebral recibe distintos nombres según la forma de captación:

- Electroencefalograma (EEG): cuando se utilizan electrodos de superficie o basales.
- Electrocorticograma (ECoG): si se utilizan electrodos quirúrgicos en la superficie de la corteza.
- Estereo Electroencefalograma (E-EEG): cuando se utilizan electrodos quirúrgicos de aplicación profunda

Las señales neurológicas obtenidas de manera invasiva tienen diferentes formas, una de esas es por medio de la estimulación cerebral profunda, procedimiento que se realiza para tratar pacientes con trastornos del movimiento, epilepsia, entre otras patologías, las señales que más se evidencian son las de tipo gamma, pero en general todas están presentes depende del estímulo.

### **MONITOREO SEÑALES CEREBRALES PRESENTE Y FUTURO**

Con los avances de los últimos años se ha desarrollado nuevas técnicas para monitoreo remoto, en cirugía funcional para el tratamiento del temblor está el Neuroestimulador, el cual puede ser configurado desde el exterior, controlando la intensidad de los impulsos nerviosos que se transmiten la forma en que los contactos de electrodos son encendidas, la frecuencia, el ancho de pulso y el voltaje, también el sistema cuenta con un dispositivo

de mano, este dispositivo plástico de mano y de bajo peso permite a las personas definir si sus estimuladores están en posición de encendido o apagado. Además, el dispositivo puede permitir a los individuos elegir entre una serie de programas preconfigurados de estimulación, designados como "A" o "B". El dispositivo no permite a las personas ajustar los parámetros de sus estimuladores por sí mismos o realizar ninguna tarea de ajuste, aunque las futuras versiones podrían hacerlo. [14].

Existen muchos dispositivos para el monitoreo de señales cerebrales tenemos en neuromonitoreo, el cual permite la identificación precisa del nervio la detección y la protección del tejido que se encuentra en riesgo de trauma o isquemia durante un procedimiento quirúrgico, también ayuda a determinar los efectos, tanto del procedimiento quirúrgico como de la anestesia, sobre el sistema nervioso central (SNC). [15] Como también se puede usar la información para optimizar la fisiología cerebral y prevenir el daño cerebral. Pero se debe tener en cuenta la adecuada utilización de técnicas neurofisiológicas en un ambiente quirúrgico con múltiples interferencias eléctricas, donde es difícil, en tiempo real, establecer una descarga anormal en la monitorización o un falso registro. Para saber si el nervio se encuentra en buen estado se deben realizar pruebas de neuroconduccion y electromiografía antes del procedimiento quirúrgico para verificar si existe o no compromiso previo y para su comparación con las realizadas de forma postquirúrgica, ya que durante el procedimiento se pudo haber afectado parte del nervio.

En esta técnica se puede trabajar en diferentes patologías, como por ejemplo en el traumatismo craneoencefálico, el cual puede ser tratado o monitorizado con diferentes métodos como lo es con catéter interventricular, dispositivo de fibra óptica y doppler transcraneal. [16]

La navegación es otro tipo de monitoreo, este no transmite, ni visualiza las señales cerebrales, pero si permite una localización intraoperatoria, su funcionamiento es a través de instrumentos calibrados y visualizados por medio de un sistema de sensores de cámaras infrarrojas y sistemas fiduciales pasivos que son fijados a instrumentos quirúrgicos, logrando una modelación tridimensional del objeto que se estudia. Por medio de un software y basándose en los principios de coordenadas estereostáticas, se logra establecer un constante posicionamiento virtual de los instrumentos quirúrgicos. [17]

Otro tipo de monitoreo de señales cerebrales se está perfeccionan en EEUU, el cual es un sensor cerebral inalámbrico diseñado para facilitar el monitoreo neurológico remoto de los pacientes, eliminando así la necesidad de cables y conectores que podrían comprometer la calidad y el propósito de estos estudios. [18]

En Colombia los avances respecto a desarrollo a nuevas tecnologías para monitoreo remoto de señales EEG y neurocirugía han sido pocos, la mayoría de los estudios sólo han sido proyectos de investigación que no pasan a otra etapa de prototipado y después a su comercialización.

Un ejemplo de este es el desarrollo de un equipo de neuronavegación NeuroCPS que se está implementando en Pereira y que pese a que ya es funcional aún no se ha podido comercializar debido a los pocos recursos y lentitud en los procesos de registro ante las entidades regulatorias.

### **3. CONCLUSIONES**

- El monitoreo de señales fisiológicas es una herramienta que facilita el quehacer médico, y al mismo tiempo mejora la calidad de vida de aquellas personas que padecen una enfermedad, en general es un beneficio en el cuál ganas todas las partes.
- El desarrollo de este tipo de tecnologías para el área de Neuro es de gran ayuda, porque el cerebro es de gran complejidad y con este tipo de avances facilita su estudio y evita que los pacientes sufran de lesiones secundarias. Aunque el acceso a estas sea muy restringido y no toda la población pueda acceder a ella.
- En Colombia el perfeccionamiento de equipos para monitoreo de señales EEG y en Neurocirugía es un poco lento y necesita más apoyo para poder pasar al siguiente paso.

#### 4. REFERENCIAS

1. Zigbee Alliance. [online]. Disponible en: <http://www.zigbee.org/what-is-zigbee/>
2. Tapias V, Ariel A. "Telecuidado basado en una red de sensores Zigbee", Proyecto de Grado, Universidad Simón Bolívar, Sarteneja. 2006.
3. Monitini. A, "Remot wireless monitoring" *Scielo*. Vol 79. No 2. Dic 2009.
4. Brayans B. Lunaa, Davil, G. Rodrigo. Salgado, R. Paola. Martinez, M. Raúl. Infante, V. Óscar. Monitor of ECG signal and heart rate using a mobile phone with Bluetooth communication protocol. *Scielo*. Vol 82. N° 3. Sep 2012.
5. El hospital. Junio 2015. Doce aplicaciones para teléfonos inteligentes. [online]. Disponible: <http://www.elhospital.com/blogs/12-aplicaciones-medicas-para-telefonos-inteligen+105280>
6. Bustamante, J. Saenz, J. Amaya, A. Marin, S. "Desarrollo del componente de hardware de un dispositivo de telemonitoreo inalámbrico de eventos cardiacos" *Scientia et Technica*. No 39. Sept 2008. Universidad Tecnológica de Colombia.
7. Rosas, N. J. Carolina, Rosas J. Marcelo, Herrera M. "Remote Motorization System of Biomedical Signals by way of Cellular". Universidad de San Buenaventura. Buenaventura. Enero 2012.
8. Biografías y vida [online]. Disponible: <http://www.biografiasyvidas.com/biografia/b/berger.htm>
9. Bermúdez, A. Técnicas de procesamiento de EEG para detección de eventos. Magister en ingeniería. Universidad Nacional de la Plata. [Online]. Disponible:

[http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/32602/Documento\\_completo\\_.pdf?sequence=3](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/32602/Documento_completo_.pdf?sequence=3).

10. R. Pérez, "Tratando el Parkinson Estimulación cerebral profunda (DBS)," Park. Dis. Found 2012. [Online]. Disponible: [http://www.pdf.org/pdf/fses\\_understanding\\_dbs\\_14.pdf](http://www.pdf.org/pdf/fses_understanding_dbs_14.pdf).
11. Electroencefalografía. Universidad de Alcala. [online] disponible: <http://www.bioingenieria.edu.ar/academica/catedras/bioingenieria2/archivos/apuntes/tema%205%20-%20electroencefalografia.pdf>
12. Morrillo, Luis E. Análisis visual de Electroencefalograma. Cap. 17. [Online] disponible: <http://www.acnweb.org/guia/g7cap17.pdf>
13. Martínez, B. Dr. Marlon I. Guardiola. Dr. Guillermo. Conceptos Básicos de electroencefalografía. Revista de la facultad de ciencias de la salud. Universidad del Magdalena.
14. Guzmán M. Luisa. MD. Carlos Humberto Guinand Vives TC. MD. Juan Carlos Luque Suarez. Neuromonitoreo. Consideraciones en la monitorización intraoperatoria del nervio facial. Neurociencias Colombia. Volumen 19. Marzo 2012.
15. Morales, L. Dra. Nancy. Ramírez, G. Dr. Yumar. Agramante, R. Dra. María de los Ángeles. Domínguez, P. Dr. Braulio. Rojas. Dra. Marelys. (2007). Gaceta Médica Espirituana. Neuromonitoreo en pacientes sometidos a cirugía cerebral. [online]. Disponible: [http://bvs.sld.cu/revistas/gme/pub/vol.9.\(3\)\\_25/p25.html](http://bvs.sld.cu/revistas/gme/pub/vol.9.(3)_25/p25.html)
16. Camputaró. Luis, A. Lungarzo. Silvana. (2005). Neuromonitoreo y tratamiento del traumatismo craneoencefálico. Revista Argentina de Anestesiología. Volumen (63). Pag. 277. [online]. Disponible: [http://www.anestesia.org.ar/search/articulos\\_completos/1/1/1001/c.pdf](http://www.anestesia.org.ar/search/articulos_completos/1/1/1001/c.pdf)

17. Perez, Julio. Portela, Armando. Name, Antonio. Zurek, Eduardo. Perez, Jairo. Rojas, Fabián Rojas. (Junio 2013). Bionavi: sistema de neuronavegación de alta precisión basado en Led de flashes infrarrojos y marcadores fiduciales. Neurociencias en Colombia. [online] Disponible: <http://acncx.org/images/revistas/pdf/Abril2013.pdf>
18. El hospital. [Online]. EEUU Dic. 2014. Disponible: <http://www.elhospital.com/temas/Presentan-nuevo-sensor-cerebral-inalambrico+102496>.