

# Sistema de registro cerebral profundo

## Deep Brain Recording System

*Roberto Eribe<sup>(1)</sup>, Sergio Bonavento<sup>(2)</sup>*

<sup>(1)</sup>Universidad Nacional de la Matanza. Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas  
reribe@unlam.edu.ar

<sup>(2)</sup>Universidad Nacional de la Matanza. Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas  
sbonavento@unlam.edu.ar

### **Resumen:**

Este proyecto pretende desarrollar un sistema de registro cerebral profundo electrofisiológico de los ganglios basales como soporte en el tratamiento de las patologías asociadas a los desórdenes del movimiento, a fin de facilitar durante el propio acto quirúrgico, la comprensión espacial por parte de los neurocirujanos y neurólogos de la información disponible en cada caso, con el objetivo de contribuir a una correcta toma de decisiones.

El sistema estará dividido en tres bloques funcionales, a saber:

- Bloque de adquisición electrofisiológica.
- Bloque de adecuación de señal analógico/digital y adquisición de datos.
- Bloque de software de post-procesamiento y visualización de la información.

Si bien existen en la actualidad sistemas comerciales; debido a los altos costos y la poca disponibilidad de soporte técnico y la baja factibilidad de realizar mejoras o adaptaciones de los sistemas existentes, se cree necesaria la realización de una solución integral de este sistema sustituyendo importaciones e impulsando trabajos de investigación interinstitucionales. El trabajo tendrá características multidisciplinarias, y se realizará de manera cooperativa; pero cada grupo de trabajo se centrará en el desarrollo de un bloque en particular: la fundación Cenit se enfocará en dar soporte en la parte neurológica y electrofisiología, el Laboratorio de Tecnología Biomédica de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Avellaneda (LTB UTN FRA) se abocará al bloque de adecuación de señal en conjunto con Ingenieros de la fundación Cenit, y por último los investigadores de la UNLaM (graduados y alumnos) se encargarán del

desarrollo del software post-procesamiento (generación de ondas de apoyo ( V2(Dist), FFT) y visualización de la información.

**Abstract:**

This project aims to develop an electrophysiological deep brain recording system of the basal ganglia as support in the treatment of pathologies associated with movement disorders, in order to facilitate spatial understanding by neurosurgeons and neurologists during the surgical act itself. of the information available in each case, for decision-making with greater security.

The system will be divided into three functional blocks, namely:

- Electrophysiological acquisition block.
- Analog/digital signal adaptation block and data acquisition.
- Software block for post-processing and information visualization.

Although there are currently commercial systems due to the high costs and the low availability of technical support and the low feasibility of making improvements or adaptations of existing systems, it is believed necessary to carry out a comprehensive solution for this system, substituting imports and promoting jobs. inter-institutional research. The work will have multidisciplinary characteristics and will be carried out cooperatively, but each working group will focus on the development of a particular block: the Cenit Foundation will focus on providing support in the neurological and electrophysiology part, the Biomedical Technology Laboratory of the University Tecnológica Nacional Facultad Regional Avellaneda (LTB UTN FRA) will focus on the signal adaptation block together with Engineers from the Cenit Foundation and finally, UNLaM researchers (graduates and students) will be in charge of developing the post-processing software (generating support waveform ( V2(Dist), FFT) and information display.

**Palabras Clave:** *Registro Cerebral Profundo, neurocirugía, electrofisiología, neurocirugía funcional, procesamiento de señales biológicas*

**Key Words:** *Deep brain record, neurosurgery, electrophysiology, functional neurosurgery, biological signal processing*

**Colaboradores:** *Battaglia Gerardo, Porral Edgardo, Travi Juan Pablo, Campódonico Facundo, Caruso Juan Pablo, Holgado Sergio, y Vigiani Guido*

## I. CONTEXTO

Este proyecto corresponde al área de conocimiento de la bio tecnología, y se desarrolló durante los años 2021 y 2022.

Intervinieron tres instituciones: la Universidad Nacional de la Matanza (UNLaM), la Universidad Tecnológica Nacional Regional Avellaneda, y la Fundación CENIT.

El proyecto tuvo como objetivo desarrollar un sistema de registro cerebral profundo electro fisiológico de los ganglios basales como soporte en el tratamiento de las patologías asociadas a los desórdenes del movimiento, a fin de facilitar durante el propio acto quirúrgico, la comprensión espacial por parte de los neurocirujanos y neurólogos de la información disponible en cada caso, para una correcta toma de decisiones.

El trabajo tuvo características multidisciplinarias, y se realizó de manera cooperativa; cada equipo de trabajo se centró en el desarrollo de un bloque en particular: la Fundación CENIT se enfocó en dar soporte en lo referente a la neurología y a la electrofisiología, el Laboratorio de Tecnología Biomédica de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Avellaneda (LTB UTN FRA) se abocó al desarrollo del hardware para la adecuación de la señal requerida, a fin de cumplir con los objetivos del proyecto, en conjunto con ingenieros de la Fundación CENIT, y los investigadores de la UNLaM (graduados y alumnos) se encargaron del desarrollo del software post-procesamiento (generación de ondas de apoyo (V2 (Dist), FFT) y visualización de la información.

El financiamiento del mismo estuvo a cargo de la Universidad Nacional de la Matanza en un 100%.

## II. INTRODUCCIÓN

Actualmente se utilizan varios sistemas de registro electro fisiológico, mayormente en neurocirugía funcional [1], tanto en implante de DBS (deep brain stimulation) como en cirugías ablativas. Cada uno de los sistemas posee funcionalidades específicas y también otras que se comparten. El objetivo principal de todos está ampliamente estudiado y validado [2]. Tecnológicamente podemos hablar de dos tipos de registro: “Single Unit (SU)” y “Multi Unit (MU)”. Se diferencian en la cantidad de células que registran simultáneamente. Los SU se dedican al registro unitario de células pudiendo visualizar todas las características de las descargas eléctricas de las mismas. Mientras que los MU deben su diseño al registro multicelular, grupos o estructuras de células pudiendo reconocer entonces la energía descargada por ellas y además poder inferir qué tan intranuclear se encuentra la estructura registrada [3].

Durante los procedimientos quirúrgicos, la exploración suele ser abordada con cualquiera de los sistemas descriptos. No obstante, se abre un capítulo aparte para los software de registro y grabado de dichas señales, dado que es de vital importancia la correlación, comparación y ubicación del electrodo, en diferentes momentos del acto quirúrgico, a fin de poder identificar distintas estructuras. Paradójicamente, son muy pocos o casi nulos los sistemas que realmente ofrecen prestaciones más versátiles y posibilidad de manejar estas dos tecnologías (SU y MU). Dentro de las neurociencias, podemos nombrar a las patologías asociadas a la dificultad, descoordinación o descontrol de los movimientos, a éstas se las conoce como “movimientos anormales”, las cuales tienen su abordaje

terapéutico farmacológico; pero en algunos casos, hay opciones quirúrgicas que pueden apoyar o complementarlas. En el caso de que el equipo tratante, opte por la terapia quirúrgica, es necesario contar con herramientas que permitan a las personas involucradas lograr identificar las áreas del SNC (Sistema Nervioso Central) a tratar para maximizar el éxito quirúrgico. En la actualidad, se encuentran en el mercado algunas opciones de difícil adquisición, tanto por costo como por representación de ventas y servicio post-venta; lo que conlleva un incremento de costos quirúrgicos sustancial. Dentro de estas podemos nombrar al NDRS (Neuro Deep Recording System) que se utiliza en el Hospital Posadas, LeadPoint (Lead Point: Medtronic) utilizado por su distribuidor, ISIS MER (ISIS MER. Inomed, Abbott) utilizado también por su distribuidor, entre otros. Cada equipo presenta características especiales y funciones que los diferencian, no obstante el estudio de estas últimas no forma parte del presente trabajo.

El desarrollo de un sistema para realizar micro registro cerebral profundo, posee bases científicas comprobadas, y está siendo utilizado actualmente por cientos de centros de salud a nivel mundial, representando una herramienta necesaria a la hora de tomar decisiones de tratamiento quirúrgicas.

### **III. MÉTODOS**

En cuanto a la metodología de trabajo, se siguió la propuesta de PMI [4] para la gestión del proyecto y se dividió en tres etapas.

La etapa 1, la adquisición de los electrodos, cánulas, y todos los elementos necesarios para realizar las registraciones.

La etapa 2, de adecuación, correspondiente al filtrado, amplificación y digitalización de la señal.

La etapa 3, de procesamiento, que tiene como objetivo el desarrollo y puesta en marcha del software.

Como se podrá observar las etapas dos y tres fueron las más complejas dado que hubo que llevar adelante el diseño del hardware y del software.

#### *A Desarrollo del Software*

Se llevó adelante siguiendo la propuesta del “proceso unificado para el desarrollo de software” [5].

El equipo de desarrollo ha tenido la posibilidad de participar en una cirugía a cerebro abierto realizada por el equipo médico especialista en este tema. La asistencia a la segunda cirugía lamentablemente no se pudo hacer dado la falta de parámetros estables del paciente: así nos lo hizo saber el equipo médico.

De todas formas, se pudo conocer el procedimiento quirúrgico en forma exhaustiva y se vio el funcionamiento del software que actualmente se utiliza en la clínica para la realización de este tipo de intervenciones.

Como conclusión, se encontró un software poco estable, de tecnología obsoleta ya casi fuera de uso y con poca posibilidad de realizar cambios para su mejora.

Tras esta interesante experiencia, el equipo de desarrollo, definió en conjunto con el equipo médico de la entidad involucrada, una serie de datos que se consideraron necesarios e imprescindibles en cada intervención quirúrgica. Esto permitió encuadrar perfectamente los alcances del sistema, siempre dentro de los parámetros de la ingeniería de software [6] [7].

Una vez obtenido ese conjunto de datos, se procedió a crear la base de datos relacional, que cumple estrictamente con las características requeridas por el sistema.

Además, se pudo observar como en cada punto del cerebro se genera una diferencia de potencial que varía según la posición de ubicación del objeto de medición y esta magnitud se ubica en tres ejes para finalmente tomar con estos datos la determinación de la implantación, o no, de un electrodo.

Cabe destacar, que no ha sido en ningún momento el objetivo de este desarrollo, el suplantar al profesional, sino darle respaldo al mismo con datos e información para la mejora en la toma de decisiones.

En cuanto al desarrollo del software propiamente dicho se ha utilizado el frame work Electrón [8], debido a que el mismo facilita la utilización de Java script [9] y Node Js [10] que conforman una tecnología de la cual el equipo de desarrollo posee una gran experiencia y además cuenta con una amplia variedad de documentación y bondades en su uso. La base de datos utilizada, es de versión gratuita, MySQL (8.0).

Para simular la señal que finalmente se debe adquirir desde la parte de hardware, se utilizó un vector que ha sido generado con posiciones aleatorias y un valor de señal; con el fin de conformar las ondas de prueba.

### *B Desarrollo del Hardware*

Durante el proyecto se diseñó y desarrolló un amplificador de micro registro basado en el circuito integrado de Analogdevice ADS1299.

El ADS1299 es un circuito integrado de amplificación de instrumentación de alta precisión diseñado específicamente para aplicaciones de registro de señales

biológicas, como electroencefalografía (EEG), electrocardiografía (ECG) y electromiografía (EMG). Un amplificador de micro registro basado en el ADS1299 ofrece una alta precisión y sensibilidad para capturar señales eléctricas de baja amplitud en el cuerpo humano.

El amplificador de micro registro desarrollado consta de múltiples canales de entrada que pueden amplificar y digitalizar señales biológicas débiles con una resolución de 24 bits. Estos canales están diseñados con entradas de alta impedancia que reducen el ruido eléctrico y aumentan la sensibilidad de las mediciones. Además, el circuito integrado también tiene la capacidad de eliminar el ruido de la línea de alimentación y el ruido electromagnético, lo que garantiza mediciones más precisas y estables. También cuenta con un sistema de auto calibración que garantiza la estabilidad y la precisión a largo plazo de las mediciones. El circuito integrado también tiene la capacidad de configurarse para realizar mediciones en diferentes rangos de frecuencia y amplitud, lo que lo hace altamente adaptable a diferentes tipos de señales biológicas.

Su desempeño es altamente preciso y sensible para la adquisición de señales biológicas débiles. Su alta precisión, sensibilidad y capacidad de auto calibración lo hacen ideal para aplicaciones de investigación médica y científica.

Además de la investigación médica y científica, el amplificador de micro registro basado en el ADS1299 tiene una amplia gama de aplicaciones en diferentes campos. La aplicación que en nuestro caso puntual es la Evaluación neurológica donde posee la función de registrar la actividad eléctrica del cerebro (EEG) en

pacientes con trastornos neurológicos como la epilepsia, la enfermedad de Alzheimer y el Parkinson. Estas mediciones son importantes para el diagnóstico, seguimiento y tratamiento de estas enfermedades. También puede utilizarse para realizar investigación en neurociencia: para registrar la actividad eléctrica del cerebro (EEG) y otros tipos de señales eléctricas generadas por el cuerpo humano.

En resumen, el amplificador de micro registro basado en el ADS1299 tiene una amplia gama de aplicaciones en diferentes campos, incluyendo la monitorización del sueño, la evaluación neurológica, el control de prótesis, la investigación en neurociencia y la evaluación cardíaca. Su alta precisión y sensibilidad lo hacen ideal para la adquisición de señales biológicas débiles y su capacidad de auto calibración lo hace ideal para aplicaciones de larga duración.

#### **IV. RESULTADOS Y OBJETIVOS**

Con respecto a los resultados y objetivos podemos decir que se han alcanzado en su total magnitud, en relación al planeamiento de los mismos. En síntesis, pese a las limitaciones e inconvenientes presentados por el fenómeno de la pandemia, se ha podido desarrollar un sistema sólido y escalable, tanto en lo referente al software como al hardware.

Si bien se han realizado los primeros testing con óptimos resultados, para alcanzar la etapa productiva aún queda un largo camino por recorrer, sobre todo en buscar un modelo de simulación que permita desarrollar los testing a un nivel real, tal como sucede dentro del acto quirúrgico.

Los trabajos futuros estarán orientados al desarrollo de las pruebas del sistema y a conseguir las certificaciones necesarias para poner al producto desarrollado en producción.

#### **V. CONCLUSIONES**

A fin de realizar una validación del modelo, podemos decir que se trabajó en forma consistente a lo largo de todo el trabajo. Tanto en la documentación de los procedimientos y pasos seguidos para el desarrollo del software y hardware, y que luego se usaron como evidencia de la fiabilidad de los resultados, así como la precisión y confiabilidad de los mismos se basaron en la triangulación y convergencia entre las diferentes fuentes de obtención de datos y las múltiples perspectivas de los participantes.

Por otra parte, también fue unánime la visión por parte del equipo de investigadores que es necesario ver el modelo en una etapa más avanzada respecto a los niveles de testing y sus resultados, y contar con el prototipo inicial más testeado para evaluar el funcionamiento en forma más operativa y dar una opinión definitiva, antes de salir a producción.

De todas maneras se coincidió con el equipo de trabajo que las tareas por realizar para poner en funcionamiento el producto a nivel productivo será de un volumen de trabajo importante tanto desde el punto de vista del desarrollo como de la implementación.

El cuestionamiento inicial de este trabajo se centró en que era posible desarrollar un sistema de registro cerebral profundo por medio de micro electrodos (NDRS

Neurosurgical Deep Recording System) de fabricación nacional con el fin de abaratar costos, mejorar el soporte técnico a fin de sustituir importaciones, generando así un producto de alto valor agregado en tecnologías convergentes médicas, biomédicas e informáticas

Los estudios, análisis y tareas realizadas permiten concluir, qué es totalmente factible la realización del producto y ponerlo en producción, en tanto se consigan los recursos humanos, de tiempo y dineros para llevarlo adelante.

Es la idea de este grupo de investigación, de ser factible la continuidad del mismo en un primer momento darle un alcance nacional, pero no se descarta que una vez afianzado pasemos al plano internacional.

## VII. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

[1] Lozano CS, Ranjan M, Boutet A, Xu DS, Kucharczyk W, Fasano A, Lozano AM. *Imaging alone versus micro electrode recording-guided targeting of the STN in patients with Parkinson's disease. J Neurosurg.* 2018 Jul 1:1-6. doi: 10.3171/2018.2.JNS172186. Epubahead of print. PMID: 30074454.

[2] F.A. Zeiler, M. Wilkinson, J.P. Krcek *Subthalamic Nucleus Deep Brain Stimulation: An Invaluable Role for MER.*

[3] Priori A, Egidi M, Pesenti A, Rohr M, Rampini P, Locatelli M, et al. *Do intraoperative micro recordings improve subthalamic nucleus targeting in stereotactic neurosurgery for Parkinson's disease J Neurosurg Sci* 2003; 47(1):56-60.

[4] Project Management Institute. *(2021)-Guide-standards/foundational/pmbok.*

[5] Ivar Jacobson, Grady Booch, James Rumbaugh. *Proceso Unificado para el Desarrollo de Software* (2000).

[6] Ian Sommerville. *Ingeniería de software.* (2005).

[7] Roger S. Pressman, Bruce R. Maxim. *Ingeniería de software.* (2019).

[8] Framework Electrón. [En línea]

<https://www.electronjs.org/es/docs/latest/>

[9] Java script [En línea]

<https://www.lenguajejs.com/javascript/>

[10] Node Js [En línea]

<https://www.nodejs.org/es>

**Recibido:** 2023-03-25

**Aprobado:** 2023-07-21

**Hipervínculo Permanente:** <https://doi.org/10.54789/reddi.8.1.1>

**Datos de edición:** Vol. 8-Nro. 1-Art. 1

**Fecha de edición:** 2023-07-31

