

# PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN 2022

## INFORME DEL PROYECTO REF. SV-22-GIJON-19

### 1. Datos del proyecto

**Título:** (BCI4PHOTOSENSE) Detección automática de fotoparoxismos en electroencefalogramas mediante Deep Learning. Aplicación al estudio del riesgo del uso de realidad virtual en personas con fotosensibilidad.

**Fechas inicial y final del proyecto:** 1/7/2022 - 30/6/2023

**Investigador/a Principal:** Víctor Manuel Álvarez García

**Otros investigadores:** Enrique Antonio de la Cal Marín, Beatriz García López

**Personal contratado:** Celia Melendi Lavandera

**Fechas inicial y final de contratación:** 1/7/2022 - 31/12/2022

**Empresas o instituciones colaboradoras:** Universidad de Oviedo, Hospital Universitario de Burgos, Hospital Universitario de Cabueñes

**Redes sociales de investigadores y empresas (Linkedin, Twitter, Instagram):**

### 2. Resumen Gráfico

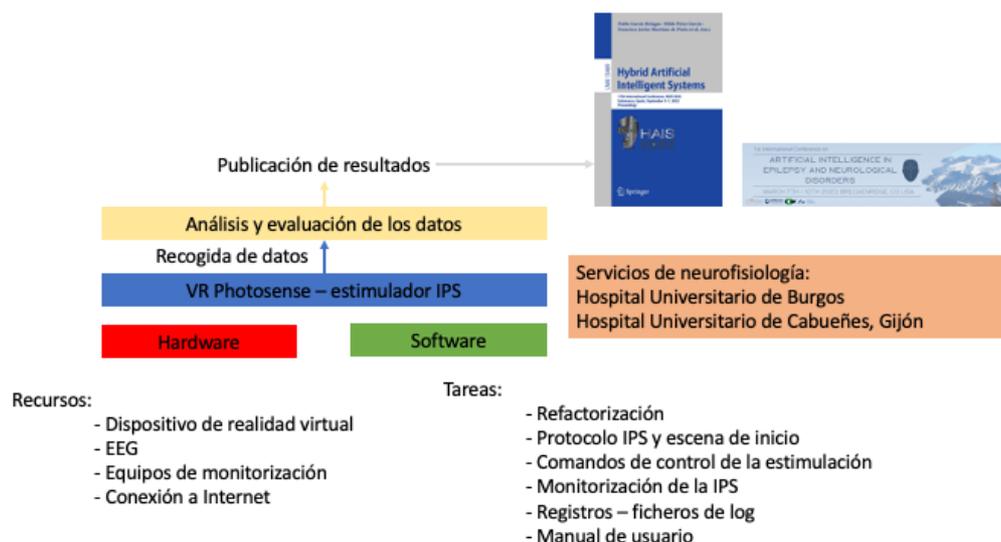


Figura 1 · Resumen gráfico del proyecto.

### 3. Memoria descriptiva del proyecto

#### 3.1 Resumen ejecutivo

La fotosensibilidad, en relación con la epilepsia, es una afección determinada genéticamente en la que los pacientes presentan crisis epilépticas de distinta gravedad provocadas por estímulos visuales. Puede diagnosticarse mediante la detección de descargas epileptiformes en su electroencefalograma (EEG), conocidas como respuestas fotoparoxísticas (PPR). El método de detección de PPR más aceptado -el método manual-, considerado como el estándar, consiste en someter al sujeto a estimulación fótica intermitente (sus siglas en inglés son IPS), es decir, a una estimulación luminosa intermitente con frecuencias de parpadeo crecientes y decrecientes en una sala de hospital en condiciones ambientales controladas, al tiempo que se registra su respuesta cerebral mediante señales de EEG. Esta investigación se centra en la introducción de la realidad virtual (RV) en este contexto, añadiendo a la infraestructura convencional una más flexible que puede programarse y que permitirá desarrollar un conjunto mucho más amplio y rico de experimentos para detectar enfermedades neurológicas y estudiar automáticamente los comportamientos de los sujetos.

La ejecución de este proyecto plantea la utilización de una segunda versión del software de estimulación visual. En esta fase, hemos contado con la colaboración de un nuevo actor, el Hospital Universitario de Cabueñes y, en concreto, de su servicio de neurofisiología, y de una becaria IUTA que ha realizado las adaptaciones necesarias al software de estimulación visual con realidad virtual que posibilitan para la recogida, análisis, evaluación y comparación de las PPR de los pacientes del servicio.

#### 3.2 Objetivos iniciales del proyecto y grado de consecución

El objetivo general del proyecto se estableció como: el desarrollo tecnológico y la validación clínica de un conjunto de técnicas y métodos de IA que mejore los resultados obtenidos en el proyecto del año 2021 respecto a la detección automática de las PPR de tipo 4 en las grabaciones EEG.

En el segundo semestre de 2022, el trabajo del equipo investigador y la contribución en el desarrollo de software de la persona contratada hicieron posible la consecución en el apartado tecnológico. Ver secciones 3.3 y 3.4 de este documento. El nuevo equipo de estimulación VR, disponible en dos hospitales españoles, permite la captura de los datos de pacientes fotosensibles o con epilepsia ya diagnosticada. El análisis y evaluación de estos datos, permitirá a su vez la consecución del resto de objetivos planteados para el estudio y cuyo plazo de ejecución se establecen en el primer semestre de 2023.

#### 3.3 Tareas realizadas

El desarrollo del nuevo sistema software de realidad virtual siguió una metodología de trabajo basada en el desarrollo ágil y la iteración mediante Sprints. Cada uno de los Sprints tuvo una duración aproximada de 4 semanas y finalizaba con una sesión de pruebas y recogida de nuevos requisitos y necesidades realizada en el Hospital Universitario de Cabueñes.

Durante las iteraciones se identificaron y resolvieron las siguientes tareas:

- Refactorización

El software original había sido diseñado siguiendo las especificaciones del protocolo seguido en el servicio de neurofisiología del Hospital Universitario de Burgos y no resultaba fácilmente adaptable a la utilización de otras frecuencias y tiempos de estimulación fónica. La becaria IUTA realizó los cambios necesarios para permitir la adaptabilidad del software a diferentes protocolos IPS.

- Protocolo IPS y escena de inicio

La refactorización del software permitió definir dos protocolos diferentes de estimulación, correspondientes a los dos hospitales colaboradores. Además, se incorporó una nueva escena inicial en la que el paciente se encuentra dentro de una sala de realidad virtual que asemeja la utilizada en el Hospital Universitario de Cabueñes. El protocolo de frecuencias y tiempos de estimulación se escoge a través de un comando de teclado: 'B' para el Hospital Universitario de Burgos y 'C' correspondiente el Hospital Universitario de Cabueñes.

- Comandos de control de la estimulación

El sistema de comandos para el manejo de los parámetros de la estimulación a través de un teclado ya había sido incorporado en el sistema original. En el caso de este proyecto, se identificaron, realizaron y documentaron las mejoras sugeridas por el equipo médico.

- Monitorización de la IPS

Al igual que en el caso anterior, el sistema de monitorización de la estimulación a través de mensajes de texto en una pantalla ya había sido incorporado en el sistema original. En el caso de este proyecto, se identificaron, realizaron y documentaron las mejoras sugeridas por el equipo médico, en particular en el agrupamiento y reducción de los mensajes para facilitar su comprensión y eficiencia. Este apartado software también fue fruto de refactorización y adaptación a un nuevo servidor que aloja el servicio de websockets.

- Registros - ficheros de log

Una de las nuevas necesidades identificadas y resueltas consiste en la posibilidad de guardar información de las sesiones con los pacientes para poder consultar y comparar la actuación del protocolo IPS con los resultados registrados, de modo independiente, por el EEG.

- Manual de usuario

Una de las nuevas necesidades identificadas y resueltas consiste en la posibilidad de guardar información de las sesiones con los pacientes para poder consultar y comparar la actuación del protocolo IPS con los resultados registrados, de modo independiente, por el EEG.

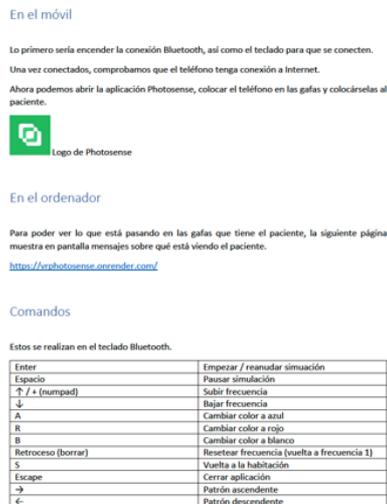


Figura 2 · Captura del manual de usuario de VR Photosense.

Además, ha sido necesario resolver dos problemas técnicos encontrados durante esta etapa:

- Falta de conexión a Internet en el Hospital Universitario de Cabueñes  
El servicio de monitorización de la estimulación requiere de conexión a internet en el dispositivo de realidad virtual, pero inicialmente no se disponía de esa opción en el hospital. El problema fue resuelto por el servicio de neurofisiología del hospital, que se hizo cargo de los gastos ocasionados por la tarjeta SIM y la conexión a Internet, de la que ya se dispone.
- Cambio de alojamiento del servicio de monitorización
- El alojamiento inicial se realizaba utilizando Heroku, que ha dejado de ofrecer el servicio el día 30 de noviembre. La becaria IUTA ha realizado la migración a un nuevo servidor y el servicio se ha replicado también en una máquina perteneciente a la Universidad de Oviedo.

### 3.4 Resultados obtenidos

Con anterioridad a este proyecto, la recogida de datos de la estimulación IPS se realizaba exclusivamente en el Hospital Universitario de Burgos. El trabajo descrito en la sección anterior ha permitido incorporar también al Hospital Universitario de Cabueñes en Gijón, dotándolo de los recursos hardware y software necesarios y adaptando su utilización a las características de las pruebas realizadas por el servicio de neurofisiología. Esta adaptación también ha conseguido que la nueva versión de software sea más flexible y permitirá acoger la futura utilización de diferentes protocolos IPS.



Figura 3 · La investigadora holandesa especializada en epilepsia fotosensible Dorothée Kasteleijn-Nolst Trenité realiza pruebas con el equipo investigador de la Universidad de Oviedo y neurofisiólogos del Hospital Universitario de Cabueñes.

En el momento de realizar este informe, el nuevo equipamiento VR en el Hospital de Cabueñes es plenamente funcional y ya se han realizado las primeras sesiones de recogidas de datos, que continuarán en los próximos meses con la finalidad de alimentar el proceso de análisis y evaluación utilizando técnicas de inteligencia artificial. Ver apartados 3.5 y 3.6.

### 3.5 Trabajos o necesidades futuras

A partir del trabajo ya realizado, se han identificado las siguientes mejoras y necesidades:

#### 1. Estudio de los datos recogidos en el servicio de neurofisiología del Hospital de Cabueñes:

En el primer semestre de 2023, se realizará la validación clínica del conjunto de datos recogidos. Las técnicas y métodos de IA con aplicación en esta fase incluyen:

- Clasificación y comparación de diferentes técnicas de Machine Learning como K-Nearest neighbors, Random Forest o Support Vector Machine.
- Evaluación de distintas alternativas del campo de Deep Learning.

Las publicaciones asociadas a esta fase de la investigación se realizarán una vez realizado el análisis y evaluación de los datos.

#### 2. Trabajos fin de grado en el ámbito de la ingeniería informática:

El equipo propondrá como trabajos fin de grado de desarrollo de software por parte de estudiantes de ingeniería informática:

- Estimulación utilizando patrones visuales:

Se trata de un campo que ha tenido menos aplicación dentro del material proporcionado a los servicios de neurofisiología, pero con una valoración muy positiva por parte de investigadores y profesionales. El dispositivo de realidad virtual permitiría incorporar nuevas pruebas utilizando visualizaciones de patrones que afectan las respuestas fotoparoxísticas.

- Visualización de la IPS:

Nuestro sistema VR Photosense actual solo permite identificar los pasos que se está realizando en una pantalla a través de mensajes de texto. Propondremos un TFG que permita enriquecer la retroalimentación proporcionada durante la estimulación incluyendo indicadores visuales y gráficos para facilitar la comprensión y eficiencia en el control del proceso de estimulación.

### 3.6 Divulgación de los resultados

Uno de los objetivos establecidos inicialmente por el proyecto consistía en la publicación de resultados.

Aunque no incluye aún resultados a partir de datos recogidos en este proyecto, durante el segundo semestre de 2022, se ha realizado una comunicación de la investigación en el congreso internacional HAIS 2022: International Conference on Hybrid Artificial Intelligence Systems. La ponencia tiene una publicación asociada en Springer: Lecture Notes in Computer Science (LNAI, volume 13469). [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-15471-3\\_1](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-15471-3_1).

Título: A Comparison of Machine Learning Techniques for the Detection of Type-4 PhotoParoxysmal Responses in Electroencephalographic Signals.

Autores: Fernando Moncada Martins, Víctor Manuel González, Beatriz García, Víctor Álvarez y José Ramón Villar.

Además, el día 20 de diciembre el equipo recibió la notificación de aceptación de la comunicación, que llevará por título: "Application of Virtual Reality and Artificial Intelligence in the automatic detection of photoparoxysmal responses" y que se presentará en el congreso internacional 1st International Conference on Artificial Intelligence in Epilepsy and Neurological Disorders.

El trabajo de análisis, evaluación y publicación de resultados continuará en el primer semestre del año 2023.

## 4. Memoria económica

### 4.1 Gastos:

En el desarrollo del proyecto participaron los investigadores indicados en la solicitud, Víctor Manuel Álvarez García, Enrique Antonio de la Cal Marín y Beatriz García López, además de la persona contratada, Celia Melendi Lavandera.

Se estima que el trabajo realizado por estas personas, incluyendo el de la persona contratada, asciende a un total de 18.005,0 euros.

Se estima que el uso del equipamiento necesario para el desarrollo de este proyecto, consistente en ordenadores, teléfonos móviles y gafas de realidad virtual, tiene un coste imputable a este proyecto por amortización de 1.500,0 euros. La tarjeta SIM y los gastos de conexión a Internet son cubiertos por el hospital.

Los desplazamientos realizados para el desarrollo del proyecto ascienden a 500,0 euros.

Concepto	Gasto
Personal	18.005,0 euros
Fungibles	0 euros
Amortización equipamiento	1.500,0 euros
Tarjeta SIM e Internet proporcionados por el hospital	0 euros
Desplazamientos	500,0 euros
<b>TOTAL GASTOS</b>	<b>20.005,0 euros</b>

#### 4.2 Ingresos:

Para el desarrollo de este proyecto, se recibió una ayuda por parte del Instituto Universitario de Tecnología Industrial de Asturias de 3.005,0 euros, que se dedicó íntegramente al pago de la contribución de la persona contratada a tal efecto.

La Universidad de Oviedo, el Hospital Universitario de Burgos y el Hospital Universitario de Cabueñes, en Gijón, cubrieron los gastos del personal investigador (a excepción de la persona contratada) por un importe estimado de 15.000,0 euros.

El equipo responsable de esta investigación cubrió el resto de gastos del proyecto por un importe estimado de 2.000,0 euros.

Entidad/Empresa financiadora Ref. Proyecto/Contrato	Concepto	Ingreso
Universidad de Oviedo, Hospital Universitario de Burgos, Hospital Universitario de Cabueñes en Gijón	Personal	15.000,0 euros
Ayuda IUTA	Becaria IUTA	3.005 euros
Recursos propios	Amortización y desplazamiento	2.000,0 euros
<b>TOTAL INGRESOS</b>		<b>20.005,0 euros</b>

## 5. Bibliografía

[1] S. Waltz, H. J. Christen, and H. Doose, "The different patterns of the photoparoxysmal response - a genetic study," *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, vol. 83, no. 2, 1992, doi: 10.1016/0013-4694(92)90027-F.

[2] X. Jiang, G. bin Bian, and Z. Tian, "Removal of artifacts from EEG signals: A review," *Sensors* (Switzerland). 2019. doi: 10.3390/s19050987.

- [3] G. Strigaro, B. Gori, C. Varrasi, T. Fleetwood, G. Cantello, and R. Cantello, "Flash-evoked high-frequency EEG oscillations in photosensitive epilepsies," *Epilepsy Research*, vol. 172, 2021, doi: 10.1016/j.eplepsyres.2021.106597.
- [4] A. Omidvarnia, A. E. L. Warren, L. J. Dalic, M. Pedersen, and G. Jackson, "Automatic detection of generalized paroxysmal fast activity in interictal EEG using time-frequency analysis," *Computers in Biology and Medicine*, vol. 133, 2021, doi: 10.1016/j.compbimed.2021.104287.
- [5] P. Vanabelle, P. de Handschutter, R. el Tahry, M. Benjelloun, and M. Boukhebouze, "Epileptic seizure detection using EEG signals and extreme gradient boosting," *Journal of Biomedical Research*, vol. 34, no. 3, 2020, doi: 10.7555/JBR.33.20190016.
- [6] S. Chakrabarti, A. Swetapadma, and P. K. Pattnaik, "A channel independent generalized seizure detection method for pediatric epileptic seizures," *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, vol. 209, p. 106335, Sep. 2021, doi: 10.1016/j.cmpb.2021.106335.
- [7] L. Wang, X. Long, J. B. A. M. Arends, and R. M. Aarts, "EEG analysis of seizure patterns using visibility graphs for detection of generalized seizures," *Journal of Neuroscience Methods*, vol. 290, 2017, doi: 10.1016/j.jneumeth.2017.07.013.
- [8] H. Choubey and A. Pandey, "A combination of statistical parameters for the detection of epilepsy and EEG classification using ANN and KNN classifier," *Signal, Image and Video Processing*, vol. 15, no. 3, 2021, doi: 10.1007/s11760-020-01767-4.
- [9] A. Jahanbekam et al., "Performance of ECG-based seizure detection algorithms strongly depends on training and test conditions," *Epilepsia Open*, vol. 6, no. 3, 2021, doi: 10.1002/epi4.12520.
- [10] J. Jeppesen et al., "Seizure detection based on heart rate variability using a wearable electrocardiography device," *Epilepsia*, vol. 60, no. 10, pp. 2105–2113, Oct. 2019, doi: 10.1111/epi.16343.
- [11] C. Ufongene, R. el Atrache, T. Loddenkemper, and C. Meisel, "Electrocardiographic changes associated with epilepsy beyond heart rate and their utilization in future seizure detection and forecasting methods," *Clinical Neurophysiology*, vol. 131, no. 4. 2020. doi: 10.1016/j.clinph.2020.01.007.
- [12] I. C. Zibrandtsen, P. Kidmose, and T. W. Kjaer, "Detection of generalized tonic-clonic seizures from ear-EEG based on EMG analysis," *Seizure*, vol. 59, 2018, doi: 10.1016/j.seizure.2018.05.001.
- [13] S. Beniczky, I. Conradsen, O. Henning, M. Fabricius, and P. Wolf, "Automated real-time detection of tonicclonic seizures using a wearable EMG device," *Neurology*, vol. 90, no. 5, 2018, doi: 10.1212/WNL.0000000000004893.

Solicitud de Financiación de Proyectos IUTA 2022 Página 10 de 15

- [14] M. C. Soriano et al., "Automated Detection of Epileptic Biomarkers in Resting-State Interictal MEG Data," *Frontiers in Neuroinformatics*, vol. 11, 2017, doi: 10.3389/fninf.2017.00043.
- [15] F. Moncada, V. M. Gonzalez, V. Alvarez, B. Garcia, and J. R. Villar, "A Preliminary Study on Automatic Detection and Filtering of Artifacts from EEG Signals," in *2021 IEEE 34th International Symposium on Computer-Based Medical Systems (CBMS)*, Jun. 2021, vol. 2021-June, pp. 420–425. doi: 10.1109/CBMS52027.2021.00046.
- [16] F. Moncada, V. M. González, B. García, V. Álvarez, and J. R. Villar, "A Comparison of Blink Removal Techniques in EEG Signals," in *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in*



Instituto Universitario de Tecnología  
Industrial de Asturias



Universidad de Oviedo

Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), vol. 12886 LNAI, 2021, pp. 355–366. doi:  
10.1007/978-3-030-86271-8\_30.