

Dispositivo de monitoreo para pacientes con crisis epilépticas de tipo tónico-clónico

Diana Melisa Alvarado Pereda¹

203349@ib.upchiapas.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0006-3319-7198>

Universidad Politécnica de Chiapas
México

Christian Roberto Ibáñez Nangüelú

cribn@ib.upchiapas.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-8304-2892>

Universidad Politécnica de Chiapas
México

Obdulia Jocabed Domínguez Pérez

203327@ib.upchiapas.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0007-5666-6855>

Universidad Politécnica de Chiapas
México

Dr. Norberto Vazquez López

norberto.vazquez@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-6077-5375>

Universidad Autónoma de Chiapas
México

Gaspar Villarreal Madelin

203338@ib.upchiapas.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0002-0669-7163>

Universidad Politécnica de Chiapas
México

RESUMEN

La epilepsia es una enfermedad crónica del sistema nervioso central (SNC) con diversidad de presentaciones. Una crisis convulsiva (CC) es un evento autolimitado, de origen cerebral, que resulta de la descarga anormal y excesiva de una población neuronal, con manifestaciones clínicas variadas, de inicio y finalización generalmente súbitos (Eslava, 2006). Con el objetivo de proporcionar un monitoreo efectivo para pacientes diagnosticados con crisis epilépticas tónico-clónico, se ha desarrollado un dispositivo especializado en la detección de parámetros fisiológicos como el pulso cardíaco, la temperatura y la posición del paciente. Además, cuenta con un sensor que detecta la actividad muscular en el bíceps braquial. El dispositivo está diseñado específicamente para este tipo de padecimiento. Las crisis epilépticas tónico-clónicas se manifiestan inicialmente con un aumento de tono muscular y sacudidas rítmicas de las extremidades, y duran unos pocos minutos (CDC, 2020). Cuando los parámetros fisiológicos medidos están fuera del rango permitido por los sensores, el dispositivo emitirá una alerta visual, indicando el inicio de una crisis epiléptica. En ese momento, se enviará una notificación a un familiar o cuidador del paciente, para brindar la asistencia necesaria. Se espera que el dispositivo ayude a que la atención sea más precisa y personalizada, mejorando la calidad de vida y brindando mayor tranquilidad al paciente, su entorno familiar y cuidadores.

Palabras clave: crisis epiléptica; dispositivo de monitoreo; tónico-clónico; parámetros fisiológicos.

¹ Autor principal

Correspondencia: 203349@ib.upchiapas.edu.mx

Monitoring device for patients with tonic-clonic seizures

ABSTRACT

Epilepsy is a chronic disease of the central nervous system (CNS) with a variety of presentations. A convulsive seizure (CS) is a self-limited event of cerebral origin that results from abnormal and excessive discharge of a neuronal population, with diverse clinical manifestations, usually beginning and ending suddenly (Eslava, 2006). With the aim of providing effective monitoring for patients diagnosed with tonic-clonic epileptic seizures, a specialized device has been developed to detect physiological parameters such as heart rate, temperature, and patient position. Additionally, it incorporates a sensor that detects muscular activity in the brachial biceps. The device is specifically designed for this type of condition. Tonic-clonic epileptic seizures initially manifest with increased muscle tone and rhythmic shaking of the limbs, lasting a few minutes (CDC, 2020). When the measured physiological parameters fall outside the range allowed by the sensors, the device will issue a visual alert, indicating the onset of an epileptic seizure. At that moment, a notification will be sent to a family member or caregiver of the patient to provide the necessary assistance. It is expected that the device will help make the care more precise and personalized, improving the quality of life and providing greater peace of mind to the patient, their family, and caregivers.

Keywords: *epileptic seizure; monitoring device; tonic-clonic; physiological parameters.*

Artículo recibido 20 junio 2023

Aceptado para publicación: 20 julio 2023

1. INTRODUCCIÓN

Millones de personas en todo el mundo sufren de epilepsia, a su vez esta prevalece mayormente en el tipo tónico-clónico, la cual es una enfermedad crónica del sistema nervioso central que causa crisis epilépticas las cuales caracterizan un impacto significativo en la calidad de vida de los pacientes. Existen en el mundo 50 millones de personas que padecen epilepsia. La cantidad de personas con epilepsia es uno de los argumentos para considerarla un problema de salud pública. No obstante, muchas personas más sufren también los efectos de la epilepsia, ya que son miembros de la familia, cuidadores o amigos del paciente.(OMS, 2006).

La crisis convulsiva constituye una verdadera urgencia médica, dado que puede conllevar complicaciones importantes y puede ser un síntoma de otras enfermedades. Su etiología es variada y frecuentemente, autolimitada. Sin embargo, cuando la crisis se prolonga sin control, puede evolucionar hacia el estado epiléptico (García GS, 2005).

En diversas ocasiones se presenta un diagnóstico de epilepsia, por lo tanto el paciente obtiene ciertos privilegios y presenta eventos llamados pseudocrisis, asimismo el paciente sin epilepsia puede presentar un trastorno neurológico funcional (o trastorno paroxístico no epileptico). En ese sentido, siempre se debe de tener en cuenta las consecuencias sociomédicas que conlleva el diagnóstico de epilepsia (Hampel et al, 2019).

Por otra parte definimos a las crisis epilépticas como “un trastorno cerebral que se caracteriza por una predisposición para generar crisis epilépticas y por lo tanto presenta consecuencias neurobiológicas, cognitivas, psicológicas y sociales de esta condición”. La epilepsia es el prototipo de enfermedad en la que el diagnóstico se basa fundamentalmente en la historia clínica, la cual debe realizarse de forma minuciosa y metódica (Alonso L, 2009), idealmente éste debe ser apoyado por video del episodio, para diferenciar los tipos de crisis.

Como antecedente a este dispositivo según la revista El Hospital Científicos de los Países Bajos desarrollaron un brazalete de alta tecnología que detecta el 85 % de todas las convulsiones severas de epilepsia nocturna, tras la realización de una prueba en 28 pacientes.

Es por ello que con el objetivo de proporcionar un monitoreo constante y significativo para los pacientes no diagnosticados, se ha desarrollado un dispositivo de monitoreo especializado que registra y analiza diversos parámetros fisiológicos, entre los que destacan la contracción muscular, el pulso cardíaco, la temperatura y el posicionamiento del paciente, que se presenten durante las crisis epilépticas.

Al proporcionar un dispositivo de monitoreo que registra datos vitales como el pulso cardíaco, la temperatura y la actividad muscular, este estudio busca enriquecer el conocimiento sobre las crisis epilépticas y mejorar la atención médica, permitiendo un análisis detallado de la actividad fisiológica antes, durante y después de una crisis epiléptica.

A lo largo de este artículo se mostrará a detalle la importancia y el funcionamiento adecuado del dispositivo de monitoreo de crisis epilépticas de tipo tónico - clónico, asimismo la relevancia que poseen los análisis de cada paciente junto a sus resultados preliminares de su implementación en dicho grupo de pacientes.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Este dispositivo ha sido diseñado cuidadosamente con el objetivo de monitorear de forma continua los signos asociados con las crisis epilépticas Tónico-Clónicos además de que se busca lograr un análisis preciso y un uso efectivo, siendo de fácil acceso y ayudando de manera remota a cada uno de los pacientes. Tras el análisis de pacientes con epilepsia tónico-clónica, se procedió a la definición de los parámetros fisiológicos necesarios para la medición, los cuales se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Parámetros a medir mediante el dispositivo de monitoreo para pacientes epilépticos

Parámetro fisiológico	Valores normales
Temperatura	36.5°C a 37.2°C
Frecuencia cardíaca	60 lpm a 80 lpm
Actividad muscular	Parámetro sujeto a mediciones propias del sensor
Posición del paciente	Valores propios de cada paciente

*Los valores de temperatura y frecuencia cardíaca han sido consultados en artículos propios de la secretaría de salud, referenciados al final de este documento

Fuente: Elaboración propia

Se llevó a cabo un análisis minucioso de cada uno de los sensores encargados de capturar y registrar de manera precisa estos parámetros, esto comparando cada uno de ellos con dispositivos especializados para medir los mismos parámetros y de esta forma asegurar que nuestro dispositivo arroje valores correctos. Para ello, se consideraron aspectos como la sensibilidad, la resolución y la estabilidad de los sensores, con el fin de obtener mediciones confiables y consistentes, en la tabla 2 se muestran los sensores, parámetros y principios de funcionamiento de cada uno de ellos.

Tabla 2. Sensores incorporados en el dispositivo.

Sensor	Parámetro que mide	Principio de funcionamiento	Posición Corporal
Termistor NTC 100k	Temperatura	Al aumentar la temperatura corporal, la resistencia entre las terminales del sensor disminuye	Junto a la piel del brazo, debajo del dispositivo
Max30102	Frecuencia Cardíaca	La sangre oxigenada absorbe mayor cantidad de luz infrarroja, mientras que la sangre poco oxigenada absorbe mayor luz roja	En el lóbulo de la oreja sujetado con un pequeño gancho que no causa molestia
Myoware	Actividad muscular	Actúa midiendo la actividad eléctrica filtrada y rectificada de un músculo	En la parte superior del brazo colocado en el bíceps braquial este mismo colocado con electrodos.
Acelerómetro MPU6050	Posición del paciente	Mide la aceleración, inclinación o vibración y transforma la magnitud física de aceleración en otra magnitud eléctrica	Colocado dentro del dispositivo.

*Los datos obtenidos el principio de función y posicionamiento se obtuvieron de diferentes páginas referenciadas al final del documento

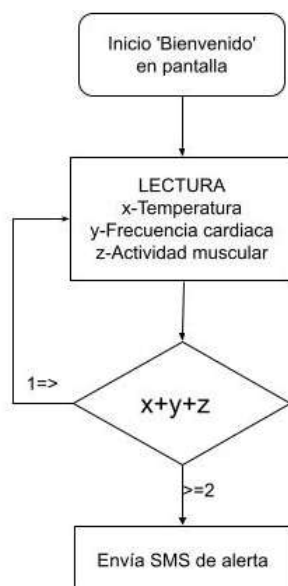
Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, se realizó una cuidadosa selección del lenguaje de programación más adecuado para el desarrollo del software requerido. Se evaluaron diferentes opciones teniendo en cuenta la eficiencia, la flexibilidad y la compatibilidad con los componentes electrónicos utilizados en el dispositivo. Con base en estos criterios, se determinó el lenguaje de programación en C, ya que la placa de desarrollo usada es

una ESP32 esta es una solución de Wi-Fi/Bluetooth todo en uno, integrada y certificada que proporciona no solo la radio inalámbrica, sino también un procesador integrado con interfaces para conectarse con varios periférico, en el que se desarrolla el principio de funcionamiento del dispositivo mismo que es mostrado en el diagrama 1.

Diagrama 1.

Lógica del programa, cada variable (x,y,z) fuera de rango se le ajusta al valor de 1 por lo que si dos variables se encuentran fuera de los parámetros normales el dispositivo emite la alerta dentro de este es colocado la posición del paciente.



Fuente: Elaboración propia

El sistema de alerta se producen en dos partes, la primera es la emisión del mensaje mediante la aplicación de WhatsApp, el dispositivo se conecta a una conexión wi-fi misma que puede ser proporcionada por un teléfono móvil, en la segunda parte se trata de una memoria propia de la placa de desarrollo en la que almacena información si en dado caso se llega a perder la conexión wi-fi.

El diseño de la carcasa del dispositivo se hace en 3D asegurando la resistencia dado que en una crisis tónico-clónico la persona cae al suelo y el cuerpo se pone rígido y se producen sacudidas rítmicas de brazos y piernas (Vivir con epilepsia,2018). Figura 2.

Figura 2.

Diseño final del Dispositivo de Monitoreo para Crisis Epilépticas



3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección, presentamos los resultados obtenidos a partir de la aplicación de pruebas y análisis de los individuos seleccionados, con el objetivo de evaluar el uso del dispositivo y descartar falsos positivos en las crisis epilépticas generalizadas.

Se llevaron a cabo dos etapas para la aplicación de pruebas del dispositivo, la primera etapa fueron pruebas en dos individuos libres de crisis epilépticas de tipo tónico-clónico, y la segunda etapa se realizó con dos pacientes diagnosticados con crisis epilépticas de tipo tónico clónico con características descritas más adelante; en ambas etapas empleando el dispositivo durante un período de 5 días para descartar posibles resultados falsos positivos. En cada caso, se procedió a ajustar el potencial de actividad muscular de manera personalizada, considerando su nivel de fuerza y contracción muscular además de también medir la posición en la que se encontraba (De pie o acostado) esto con el fin de detectar posibles caídas .

3.1. Resultado -primera etapa

Paciente 1: Sexo femenino con edad de 23 años, tomando en cuenta los resultados que arroja el sensor se determina que este tiene una actividad muscular media-alta, por lo que se considera para el ajuste del dispositivo.

Paciente 2: sexo femenino con edad de 45 años con un nivel de actividad muscular media- baja, por lo que se ajusta el dispositivo a su nivel de actividad muscular.

Los resultados obtenidos en esta etapa se describen en el siguiente cuadro:

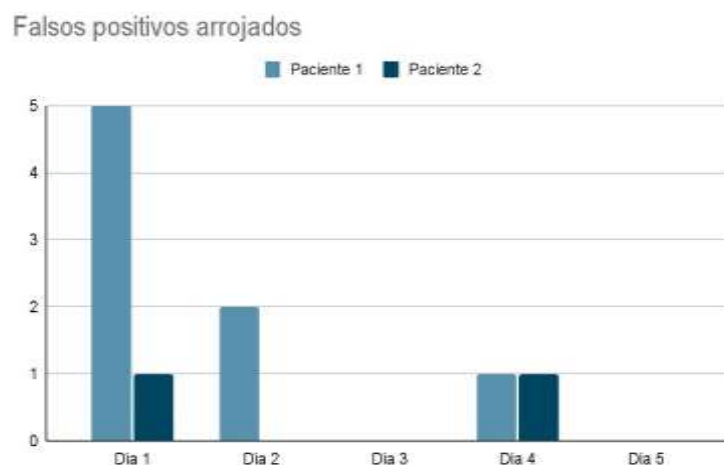
Cuadro 1. Resultado obtenido de los dos pacientes que no presentan crisis epilépticas.

Día	Paciente 1	Paciente 2
1	Se identificaron múltiples casos de falsos positivos en el paciente, en total 5 falsos positivos, lo cual motivó un reajuste posterior. El motivo atribuido a estos falsos positivos fue la realización de ejercicio extremo no contemplado inicialmente en el estudio.	Se realizaron ajustes en los valores de la actividad muscular. Posteriormente, transcurridas 8 horas, se llevó a cabo una prueba de validación para evaluar la veracidad de las mediciones, la cual arrojó un falso positivo.
2	A pesar de la realización de ejercicios intensos, se observó una completa reducción de los falsos positivos. Como medida recomendada para minimizar errores, se sugirió realizar cambios de electrodos cada 8 horas.	Se identificó un error en la colocación de los electrodos para la medición de la frecuencia cardíaca, lo cual provocó una tendencia hacia un valor de 0 en este parámetro de medición.
3	Se detectaron errores en pantalla debido a una carga insuficiente o incorrecta del dispositivo.	No se registró ningún comentario o observación al respecto.
4	Se ha registrado nuevamente un caso de falso positivo.	Se ha registrado nuevamente un caso de falso positivo.
5	No se ha registrado ningún resultado negativo en el estudio, y el paciente informa que el dispositivo ocasiona una mínima interferencia o incomodidad.	No se registró ningún comentario o observación al respecto.

Fuente: Elaboración propia

Cuantificación de los resultados:

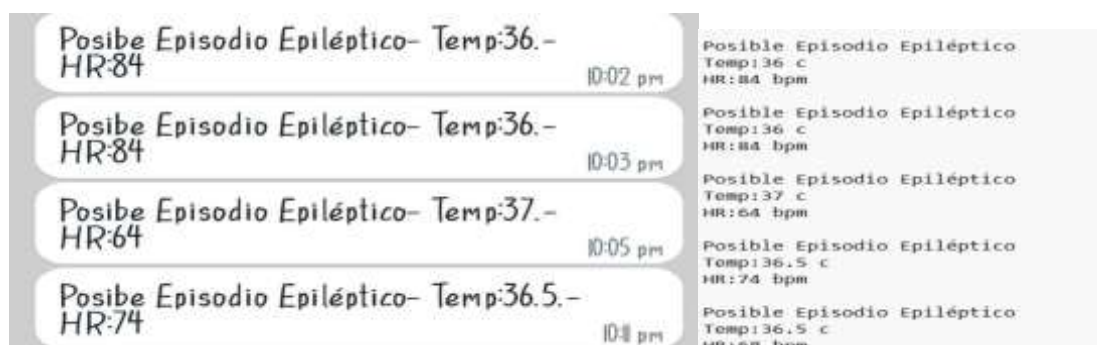
Figura 1. Cuantificación de los resultados de las pruebas en pacientes sin crisis epilépticas.



Fuente: Elaboración propia

Resultados obtenidos en el sistema de alerta en mensajería y almacenamiento en memoria interna de la placa de desarrollo

Figura 2. A la izquierda se dan los resultados mediante el sistema de mensajería y a la derecha son los datos almacenados en la memoria del dispositivo



A partir de los datos obtenidos en el cuadro 1 se toma las siguientes observaciones:

1. Se determinó que los errores obtenidos en el paciente 1 fueron a causa del mal ajuste del potenciómetro que se encuentre en dicho dispositivo, por lo tanto se tuvo que ajustar consecutivamente, sin embargo los valores de la temperatura y de la frecuencia cardiaca fueron los adecuados en todo momento.

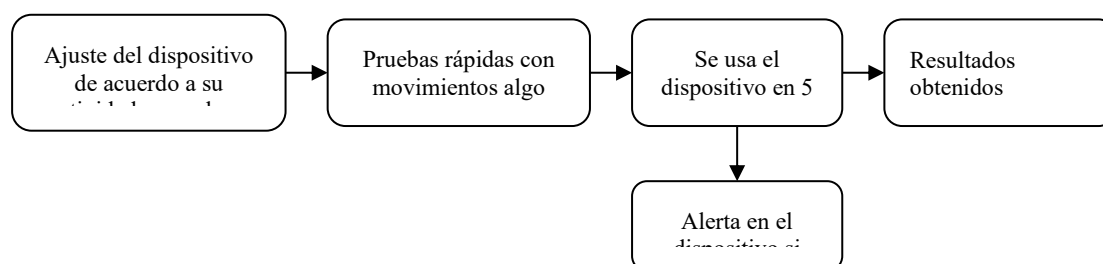
2. Se determinó que los falsos positivos redujeron para nuestro paciente 2, por lo tanto presentó un mejor análisis en cada uno de sus parámetros, por otro lado en el tercer día de prueba nos arrojó errores en la medición de frecuencia cardíaca, es decir, sucede lo contrario en cuanto al paciente 1.
3. El dispositivo puede seguir en funcionamiento a pesar de tener baja batería, el único defecto es que la pantalla puede fallar.

Reestructurando todo el sistema a partir de estos datos se pasa a la etapa 2.

3.1.1. Resultado de la segunda etapa

En esta etapa el dispositivo fue probado en dos pacientes para ello se siguieron los pasos ilustrados en el Diagrama 2.

Diagrama 2. Pasos para la prueba final del dispositivo



Fuente: Elaboración propia

Paciente 1. Se realizaron pruebas en una paciente femenina de 21 años diagnosticada con crisis epilépticas tónico-clónico desde la edad de 19 años, esta cuenta con tratamiento actual por lo que las crisis no son tan frecuentes, se resguardan datos personales por privacidad del paciente. Las pruebas resultantes se exponen en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Resultados de la etapa 2, paciente 1

Día	Observaciones	Temperatura	Frecuencia cardíaca
1	No se observaron anomalías	36.7 °C	70 lpm
2	No se observan anomalías	36.5 °C	68 lpm
3	No se observan anomalías	36.5 °C	72 lpm
4	Ejercicio realizado por el paciente sin errores en el dispositivo	36.5 °C	90 lpm
5	Crisis epiléptica real detectada por el dispositivo	37.5 °C	80 lpm

Fuente: Elaboración propia

Como resultado después de los cinco días en uso se observa que el dispositivo está en un funcionamiento normal y correcto, esto se da gracias a la correcta ejecución de los pasos ilustrados anteriormente en el Diagrama 1. Además de ello, se evidencia que a lo largo de los 5 días de monitoreo continuo en nuestra paciente sólo se registra una única crisis epiléptica, la cual es exitosamente controlada de forma remota. Además, tanto la temperatura corporal como la frecuencia cardíaca no experimentan alteraciones significativas, excepto durante el momento en que ocurre dicha crisis y cuando la paciente se esfuerza durante su rutina de ejercicios.

Paciente 2. Para este caso tenemos un paciente masculino de 22 años de edad, paciente diagnosticado con el tipo de epilepsia tónico clónico desde hace 1 año, actualmente este paciente se encuentra controlado con medicamentos adscritos por su médico tratante, por lo tanto no presenta crisis epilépticas regulatorias ni constantes. En este sentido el paciente presentó las siguientes pruebas.

Cuadro 3. Resultados de la etapa 2 paciente 2

Día	Observaciones	Temperatura	Frecuencia cardíaca
1	Crisis epiléptica real detectada por el dispositivo s	37 °C	82 lpm
2	Crisis epiléptica real detectada por el dispositivo	37.3 °C	85 lpm
3	No se observan anormalidades	36.5 °C	72 lpm
4	No se observan anormalidades	36.5 °C	70 lpm
5	No se observan anormalidades	36.8 °C	70 lpm

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar el paciente presentó dos crisis epilépticas constantes en los primeros dos días de la semana, en cuanto a los siguientes 3 días de uso, se puede observar que no se presentó ninguna anormalidad, cada uno de los datos fueron enviados al médico tratante para que se determine, el control de los medicamentos del paciente.

Asimismo, se observó que tanto la temperatura corporal, como la frecuencia cardíaca se mantuvieron en un margen constante, determinando así el control adecuado y la buena salud de dicho paciente.

Para ambos casos, tenemos que, los pacientes presentados no mostraron un número mayor de crisis epilépticas, y que de esta forma fueron controlados por medicamentos que se les indicaron y a su vez

notamos que la temperatura corporal no se excede del límite en cuanto a su margen normal, de esta manera tampoco se vio tan afectada la frecuencia cardíaca para ambos casos, aunque en la revista Neurología explican que durante una crisis epilépticas los parámetros fisiológicos como lo son la frecuencia cardíaca y temperatura tienden a elevarse teniendo así taquicardia y fiebre .

4. CONCLUSIÓN

En resumen, los resultados obtenidos a través de las pruebas realizadas con el dispositivo de monitoreo de crisis epilépticas han sido satisfactorios. El dispositivo ha demostrado su capacidad para detectar y registrar de manera efectiva las crisis epilépticas, proporcionando información valiosa para el diagnóstico y tratamiento de los pacientes. Estos resultados respaldan la viabilidad y el potencial de este dispositivo en el campo de la epilepsia.

No obstante, se destaca la necesidad de llevar a cabo más pruebas en pacientes con el objetivo de seguir mejorando y perfeccionando el dispositivo. Estas pruebas adicionales permitirán evaluar su desempeño en un contexto clínico más amplio, considerando diferentes perfiles de pacientes y situaciones clínicas. La realización de estas pruebas se considera un paso fundamental para validar y optimizar el dispositivo. Es importante destacar que la investigación continua y el desarrollo de tecnologías médicas innovadoras son esenciales para mejorar el diagnóstico y tratamiento de la epilepsia. Los resultados obtenidos hasta el momento respaldan la necesidad de seguir explorando y refinando este tipo de dispositivos, con el objetivo de beneficiar a un mayor número de pacientes y brindarles una mejor calidad de vida.

Como último dato es recomendable que el dispositivo se use en pacientes que recién se estén diagnosticando esto con el fin de que en verdad el neurólogo se logre apoyar en esta tecnología para dar un diagnóstico correcto.

En conclusión, si bien los resultados de las pruebas iniciales son alentadores, se requiere de un enfoque riguroso y continuo para evaluar y mejorar aún más el dispositivo de monitoreo de crisis epilépticas. El compromiso con la investigación y la colaboración entre profesionales de la salud, ingenieros y pacientes resultaron clave en la evolución y el éxito de esta tecnología en el campo de la epilepsia.

Agradecimientos

Nuestros más sinceros agradecimientos a nuestros asesores por brindarnos la oportunidad de desarrollar nuestras ideas así como guiarnos correctamente para realizarlas.

Conflicto de intereses

‘Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses’.

REFERENCIAS

- Alonso L, Bauzano P, Busquier H, Camino L, Cañadillas H, Galán B, et al. Guía Andaluza de Epilepsia 2009. GPC de la SAde 2009:9-414.
- Beningo, J. (2020). Cómo seleccionar y usar el módulo ESP32 con Wi-Fi/Bluetooth adecuado para una aplicación de IoT industrial. *DigiKey*. <https://www.digikey.com.mx/es/articles/how-to-select-and-use-the-right-esp32-wi-fi-bluetooth-module>
- CONAMED [COMISIÓN NACIONAL DE ARBITRAJE MÉDICO]. (2017). *Manual para la mejora de la supervisión y enlace de turno:: 40 estándares para la capacitación continua en la práctica de la enfermería* (1a Edición). Disponible en: <http://www.conamed.gob.mx/gobmx/libros/pdf/inicio.pdf>
- De Salud, S. (s. f.). *La temperatura corporal normal oscila entre 36.5°C y 37°C*. gob.mx. <https://www.gob.mx/salud/articulos/la-temperatura-corporal-normal-oscila-entre-36-5-c-y-37-c>
- Dr. Kevin G. Hampel. Unidad de Epilepsia Refractaria. Servicio de Neurología. Hospital Universitario y Politécnico La Fe. Avda. Fernando Abril Martorell, 106. E-46026 Valencia.
- Eslava J, Espinosa E, Izquierdo A, Medina-Malo C, Nariño D, Carreño O. Consenso Colombiano de Epilepsia 2006. *Acta Neurol Colomb* 2006; 22:365-404.
- El Hospital. (2018, 30 noviembre). *Nuevo dispositivo detecta crisis epilépticas nocturnas*. *El Hospital*. <https://www.elhospital.com/es/noticias/nuevo-dispositivo-detecta-crisis-epilepticas-nocturnas>
- Gómez, E. (2021). *Cómo usar un Termistor NTC*. *Rincón Ingenieril*. <https://www.rinconingenieril.es/como-usar-un-termistor-ntc/>
- García GS, Rubio SM, Ruza TF. Actuación en urgencias ante una crisis convulsiva en niños. *Emergencias* 2005; 17:S90-S97
- Llamas, L. (2020). *Pulsímetro y oxímetro con Arduino y MAX30102*. Luis Llamas. <https://luisllamas.es/pulsimetro-y-oximetro-con-arduino-y->

[max30102/#:~:text=Su%20funcionamiento%20se%20basa%20en,oxigenada%20absorbe%20mayor%20luz%20roja.](#)

NAYLAMP MECHATRONICS. (2016). *Tutorial MPU6050, acelerómetro y giroscopio.*
https://naylampmechatronics.com/blog/45_tutorial-mpu6050-acelerometro-y-giroscopio.html

MYOWARE. *MYOWARE 2.0 Muscle Sensor.* <https://myoware.com/products/muscle-sensor/>

Organización Mundial de la Salud. Trastornos Neurológicos: Desafíos para la Salud pública.
Organización Mundial de la Salud, 2006. Disponible en:
https://www3.paho.org/hq/dmdocuments/2008/Trastornos_Neurologicos.pdf

Tipos de convulsiones | epilepsia | CDC. (s. f.).
<https://www.cdc.gov/epilepsy/spanish/basicos/convulsiones.html#:~:text=T%C3%B3nica%3A%20Los%20m%C3%BAsculos%20del%20cuerpo,cuerpo%20tiemblan%20o%20se%20sacuden.>

SENSOR MUSCULAR MYOWARE EMG – Grupo ElectroStore. (s. f.).
<https://grupoelectrostore.com/shop/sensores/senales-bioelectricas/sensor-muscular-myoware-emg/>

UCB Iberia. (s. f.). *Tipos de crisis epiléptica: crisis focales y generalizadas - Vivir con epilepsia.* Vivir con Epilepsia. <https://vivirconepilepsia.es/tipos-de-crisis-epilepticas#:~:text=Crisis%20t%C3%B3nica%20cl%C3%B3nica%20o%20convulsiva,boca%20y%20relajaci%C3%B3n%20de%20esf%C3%ADnter.>

Viguera Editores. (s. f.-b). *Neurología.com.* <https://neurologia.com/articulo/2020368>

Yorobotics. (s. f.). *Sensor pulso cardiaco MAX30102 Saturacion oxigeno 3.3V - YoRobotics.*
<https://yorobotics.co/producto/sensor-pulso-cardiaco-max30102-saturacion-oxigeno-arduino>

SCIELO. (2012). *Oximetria de pulso.*
http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-06752012000200011

Advancer Technologies. (2015). *3-lead Muscle / Electromyography Sensor for Microcontroller Applications.* Disponible en:
<https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/MyowareUserManualAT-04-001.pdf>