

# Sistema Bio-Telemétrico Portátil para el Monitoreo de Variables Fisiológicas en Pacientes con Enfermedades Crónicas: Propuesta

Jesús Callejas Cabarcas, Ing.<sup>1</sup>, Aura Polo, MSc.<sup>1,2</sup>, y Carlos Robles Algarín, PhD.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad del Magdalena, Colombia, david.callejasc@hotmail.es, aura.polollanos@gmail.com, carlosarturo.ing@gmail.com

<sup>2</sup>Universidad del Norte, Colombia, poloa@uninorte.edu.co

**Resumen—** El presente trabajo propone el desarrollo de un sistema bio-telemétrico portátil, para el monitoreo en tiempo real de variables fisiológicas de pacientes con enfermedad crónica en Colombia. El sistema propuesto utiliza un brazalete portador de transductores o sensores biomédicos, cuyos datos adquiridos son enviados a un servidor para su almacenamiento masivo, cuando el dispositivo detecte una condición física específica alertará a las personas autorizadas vía mensaje de texto y llamadas perdidas, facilitando la oportuna toma de decisiones sobre acciones preventivas o correctivas en favor del paciente.

**Palabras clave—** biotelemedicina, enfermedades crónicas, monitoreo remoto, parámetros fisiológicos.

## I. INTRODUCCIÓN

La incidencia de la enfermedad crónica (EC) actualmente muestra un incremento acelerado, ocasionando el 70% de las muertes en el mundo, cerca de 40 millones de personas cada año [1]. Colombia no es una excepción: la probabilidad de morir por una EC entre los 30 a 70 años de edad es cercana al 20%, y al igual que en los demás países de la región es una tendencia que va en ascenso [1]. Las ECs han pasado a ser problemas de salud pública, en torno a los cuales los gobiernos, organizaciones de salud y agremiaciones continuamente generan políticas y guías para mitigar el impacto negativo que tienen en indicadores de mortalidad, calidad de vida y pobreza [2, 3].

La atención a las personas que viven la experiencia de cuidado en situaciones de EC, incluidos los pacientes, los familiares y los profesionales es demandante en tiempo y dinero, por lo que se hace importante el uso de las tecnologías de información y comunicación como apoyo a la gestión y administración de los servicios de salud [4].

La mayoría de los desarrollos conocidos para el monitoreo remoto de variables fisiológicas poseen una serie de limitaciones que conllevan a no ser la mejor opción en ciertos casos. Algunos dispositivos registran múltiples parámetros corporales, pero no están diseñados para recopilarlos y remitirlos a una base de datos de forma remota, en general los equipos existentes carecen de las técnicas actuales de comunicación inalámbrica, razón por la que pierden portabilidad o eficiencia.

Por otra parte, es importante tener en cuenta que los aparatos para realizar este tipo de mediciones requieren que los sensores entren en contacto con el paciente, lo que genera el riesgo de contaminación e impide la reutilización de dichos

elementos sin efectuar un exhaustivo proceso de limpieza. Una opción planteada para abordar este problema ha sido el empleo de transductores desechables, sin embargo, el uso de este tipo de sensores resulta costoso, dado que cada prueba requiere la utilización de varios electrodos.

Se entiende que una medición eficiente en salud debe ser precisa, rápida y permitir el envío de información lo más ágilmente posible, al punto de abrir la posibilidad de transmitir la mayor cantidad de datos sobre el paciente de manera constante e incluso, en ciertos casos, como en situaciones de emergencia médica donde el tiempo de reacción es vital. Además, es deseable que el medio de medición sea económico, por consiguiente, es ideal evitar el uso de sensores desechables al tiempo que se garantiza la ausencia de contaminantes u otros agentes que puedan afectar la salud del usuario en caso de reutilizar los sensores.

Durante los últimos años se han desarrollado diversos estudios e implementado procesos para la adquisición de señales fisiológicas con diversos enfoques, apoyados en herramientas y estudios digitales con el fin de mejorar la calidad de vida de los pacientes, teniendo en cuenta factores como comodidad, adquisición en tiempo real, economía, portabilidad, almacenamiento y precisión al momento de interactuar con las señales de interés.

En la búsqueda de investigaciones se encontraron antecedentes como el artículo publicado en el 2015 en la revista RIELAC sobre el Diseño de un Sistema de Adquisición y Procesamiento de la Señal ECG Basado en Instrumentación Virtual, donde utilizan como herramienta principal el software LABVIEW y como elemento de hardware una tarjeta de adquisición de datos serie M de National Instrument, cuyo procedimiento se direcciona al análisis y cálculo de la frecuencia cardíaca a través de las ondas del complejo ventricular QRS, almacenando dichos datos en un archivo de texto, permitiendo un análisis complejo cuando el operador lo desee [5].

Importantes desarrollos como los descritos en el artículo publicado en el 2014 en la Ingeniería: Revista chilena de ingeniería titulado Monitoreo Ubicuo de Salud en Tiempo Real Utilizando WBSN (Redes de Sensores Corporales Inalámbricos), cuya investigación combina las nuevas tecnologías como M2M y computación en la nube, la cual se trata de un servidor médico inteligente ubicado en la nube y un dispositivo móvil inteligente que actúa como router y

coordinador o concentrador virtual en el lado cliente-paciente. Esta solución se diseñó para pacientes que no pueden tolerar interrupciones en su seguimiento médico, para los cuales un sistema de monitoreo en tiempo real contribuye a mantener sus vidas. En este estudio se incorporan tecnologías inalámbricas con WPAN, WLAN Y WWAN, permitiendo que el monitoreo pueda ser realizado durante todo el día tanto dentro de casa como fuera, de manera continua y sin interrupciones [6].

En esta misma labor de investigación y consulta se encontró el trabajo de grado titulado Diseño e Implementación de un Instrumento de Monitoreo de Señales Fisiológicas y Alarma para Pilotos de Aeronaves No Presurizadas presentado en el 2007 en la universidad de Buenaventura, el trabajo tiene como objetivo medir el nivel de oxígeno y frecuencia cardiaca del piloto en operaciones de vuelo para los diferentes helicópteros que no tienen cabina de presurización, donde mantendrá informado al piloto sobre su estado de oxígeno corporal por medio de una pantalla LCD y le proporcionará una alarma visual y audible en caso que su nivel de oxígeno varíe por debajo del límite asignado [7].

Una alternativa para mejorar los aspectos de comodidad y estética en el método de adquisición de señales fisiológicas es la camiseta deformable elásticamente con conexión inalámbrica, reportada en la patente US5749365, la cual monitorea la respiración y la función cardiaca del paciente, y las transmite a un receptor remoto para su procesamiento, dicha camiseta posee un parche o sensor en la región torácica y abdominal del sujeto [8].

Estudios enfocados además del procesamiento de señales biomédicas, presentan innovaciones como el almacenamiento a gran escala y observatorios en forma remota por medio de páginas web, entre estos se encuentran investigaciones patentadas como la reportada con número de expediente US6616613, la cual desarrolla un sistema de monitoreo de salud y bioretroalimentación que comprende un sensor de fotoplestismografía (PPG), un dispositivo de procesamiento y un servidor de sitio web para determinar, visualizar y analizar diversos parámetros cardiovasculares. El sistema determina una pluralidad de índices cardiovasculares que incluyen presión arterial media, frecuencia cardiaca, temperatura corporal, frecuencia respiratoria y distensibilidad arterial [9].

## II. METODOLOGÍA

Este proyecto busca suplir todas las limitaciones mencionadas anteriormente, teniendo en cuenta aspectos de comodidad y estética en la estructura del dispositivo, con opciones de almacenamiento de datos de forma continua vía internet y alertas remotas de posibles fluctuaciones en las variables monitoreadas a través de mensajes de texto con la información clínica del paciente, acompañado de una llamada telefónica perdida como segundo aviso. El propósito de esta investigación es direccionar el monitoreo de los pacientes con fines preventivos, teniendo en cuenta factores como: precisión, economía, comodidad, salubridad, almacenamiento y

comunicación remota, brindando a los familiares y pacientes crónicos la oportunidad de mejorar su calidad de vida.

La investigación que se desarrollará con el presente trabajo, es de tipo mixta ya que se recolectarán mediciones numéricas o cuantitativas utilizando los sensores biomédicos e información cualitativa sobre la percepción de los diferentes usuarios del sistema.

### A. Definición de parámetros fisiológicos

En esta fase se obtiene un listado de los parámetros fisiológicos más determinantes de riesgo en pacientes con enfermedades crónicas y con viabilidad de ser medidos de forma remota. Lo anterior se logrará con la revisión de informes estadísticos de salud pública de las entidades territoriales y la recolección de información en campo (de profesionales de la salud, familiares, cuidadores, pacientes, entre otros).

### B. Unidad central de comunicación

Se diseña e implementa una Unidad Central, la cual posee tres canales de comunicación direccionados cada uno a una necesidad específica, como se muestra en Fig. 1. Este dispositivo se encargará de coordinar los canales de comunicación según el comportamiento de las variables biomédicas recibidas del sistema de adquisición vía Bluetooth, en caso que los valores recibidos de los parámetros estén fuera de los límites o se presente una fluctuación, se generará una alerta a las personas interesadas (personal médico, cuidadores, familiares) vía GSM, por medio de mensajes de texto, en los casos presentes de actividad estable en las variables, se enviarán continuamente a una base de datos vía Wifi.

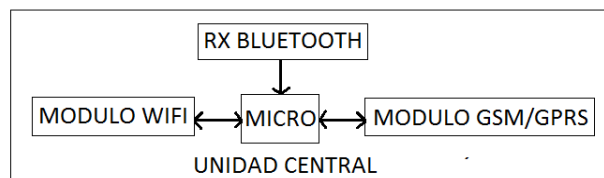


Fig. 1 Unidad central de comunicación.

### C. Sistema de adquisición de señales

Se desarrolla un dispositivo portable e inalámbrico, el cual emitirá de forma continua las señales adquiridas de los sensores a la unidad central de comunicación, ver Fig. 2.

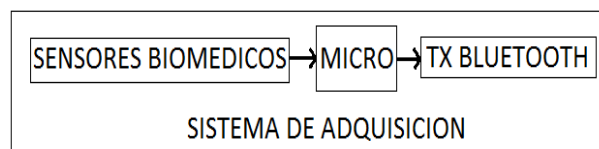


Fig. 2 Unidad central de comunicación.

#### D. Base de datos

Se recolecta la mayor cantidad de datos en diferentes individuos, con el fin de determinar la confiabilidad de transmisión y analizar el comportamiento de las señales biomédicas en distintas horas del día. Cabe resaltar que el sistema enviará la información a la nube siempre y cuando exista conexión a internet. Para tal fin se seleccionarán individuos voluntarios que padezcan enfermedades crónicas, previo diligenciamiento de consentimiento informado debidamente aprobado por comité de ética.

Además, se configura un servidor con acceso a internet las 24 horas, con el fin de almacenar la cantidad de variables emitidas por la unidad central de comunicación

#### IV. CONCLUSIÓN

Con el desarrollo de la presente propuesta se pretende lograr un prototipo de sistema biotelemétrico validado para enfermedades crónicas de alta incidencia en Colombia. Que permita además el monitoreo continuo de pacientes de alto riesgo para crear una base de datos robusta a partir de la cual se puedan realizar futuros estudios. Actualmente se ha implementado y probado una etapa preliminar del proyecto, la cual básicamente consta de un botón de alarma que el usuario presiona en evento de urgencia y con un sistema portable envía una alerta a los familiares vía mensaje de texto.

#### REFERENCIAS

- [1] World health statistics 2017: monitoring health for the SDGs, Sustainable Development Goals. Geneva: World Health Organization; 2017. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- [2] REDACCIÓN EL TIEMPO, «Anuncian guerra contra enfermedades crónicas.» El Tiempo - eltiempo.com, p. 1, 17 Agosto 2015.
- [3] Ministerio de Salud y Protección Social, Organización Panamericana de la salud, «RESUMENES DE POLITICA: INTERVENCIONES POBLACIONALES EN FACTORES DE RIESGO DE ENFERMEDADES CRONICAS NO TRANSMISIBLES Estilo de Vida Saludable y Enfermedades No Transmisibles.» Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, 2012.
- [4] Arias M, Sánchez B. Las cinco características que una institución requiere para dar cuidado de calidad a personas con enfermedad crónica. Documento procedente del I Congreso Virtual-IX Reunión Internacional de Enfermería Basada en la Evidencia. Cuidados y Tecnología: Una Relación Necesaria. Granada, España; 21-22 noviembre 2013.
- [5] Bistel R, Fajardo A. Diseño de un Sistema de Adquisición y Procesamiento de la Señal ECG Basado en Instrumentación Virtual. RIELAC Revista de ingeniería electrónica, Automática y Comunicaciones; 30 enero 2015.
- [6] Kaschel H, Bahamondes J. Monitoreo ubicuo de salud en tiempo real con WBSN. Ingeniare. Revista chilena de ingeniería; 13 enero 2014.
- [7] Méndez J, Rentería D; "Diseño e Implementación de un Instrumento de Monitoreo de Señales Fisiológicas y Alarma para pilotos de Aeronaves No Presurizadas". Tesis de Grado. Universidad de San Buenaventura.2007.
- [8] Magill, A. (12 de mayo de 1998). Estados Unidos Patente n° US5749365.
- [9] J. B. Goodman, «Physiological signal monitoring system». Estados Unidos Patente US6616613, 9 septiembre 2003.

**Digital Object Identifier:** (to be inserted by LACCEI).

**ISSN, ISBN:** (to be inserted by LACCEI).