

**IEEE** **Colombian**

# BiOCAS

Workshop 2020

**Agosto 27 y 28 de 2020**

<http://biocas2020.cascolombia.org>

Organiza



**IEEE**



## **PRESENTACIÓN**

El 2020 es un año desafiante para la humanidad por los retos derivados de la pandemia y la crisis económica que hace repensar los modelos sociales y económicos actuales. Una alternativa para superar estos retos es el uso de la tecnología derivada de la electrónica y las ciencias de la computación.

El IEEE Colombian BioCAS Workshop es un evento liderado por el Capítulo Colombiano de la Sociedad de Circuitos y Sistemas del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE CASS), y al cual se ha vinculado la Universidad del Quindío como organizador.

Esta versión del IEEE Colombian BioCAS Workshop está enfocada al estudio sistemas de apoyo al sector médico en el marco de la pandemia, tecnologías basadas en circuitos y sistemas para el tratamiento, cuidado, monitoreo y rehabilitación médica. El workshop está organizado en conferencias y mini-cursos con expertos, y el intercambio de ideas y soluciones propuestas por investigadores, estudiantes y profesionales; todos ellos a través de reuniones virtuales.

### **COMITÉ ORGANIZADOR:**

Dr. Jorge Iván Marín Hurtado  
Dr. Faruk Fonthal Rico  
Dr. Vladimir Trujillo Olaya

### **COMITÉ CIENTIFICO:**

Dr. John Jairo Cabrera López (Universidad Autónoma de Occidente – Colombia)  
Dr. Vladimir Trujillo Olaya (Universidad Autónoma de Occidente – Colombia)  
M.Sc. Jhon Edwar Vargas Vásquez (Universidad Santiago de Cali – Colombia)  
Dr. Faruk Fonthal Rico (Universidad Autónoma de Occidente – Colombia)  
Dr. Jorge Iván Marín Hurtado (Universidad del Quindío – Colombia)

## CONTENIDO

	Pág
<b>Sensores biomédicos y circuitos de interface / Tratamiento de señales para aplicaciones biomédicas</b>	
Segmentación del volumen tiroideo en imágenes de ultrasonido utilizando modelos probabilísticos	4
Procesamiento de retinografías para mejorar el desempeño en la detección de retinopatía diabética mediante el uso de redes neuronales convolucionales (CNN)	5
Propuesta para la medición de hemoglobina y diagnóstico de anemia por medio de fotopleletismografía (PPG)	6
Desarrollo de un dispositivo no invasivo para la medición de glucosa en sangre mediante espectroscopía de infrarrojo cercano (NIR) y ultrasonido	7
<b>Circuitos innovadores para aplicaciones médicas</b>	
Improved Estimation of Respiratory Rate by Using Ultrasound Signals on Android Devices	8
Open Fab Ventilator	10
Development of a network of IBOCA air quality monitoring nodes linked to a web application focused on improving the health of the population	11
<b>Tecnologías de rehabilitación y asistencia</b>	
Análisis no lineal de la estabilidad estática en amputados unilaterales transtibiales	12
Diseño e implementación de un prototipo de guante para monitoreo y obtención de datos en el proceso de rehabilitación fisioterapéutico en mano con lesión de tendones flexores.	13
Construcción de un dispositivo electrónico portable para asistir a personas visualmente impedidas en la detección y caracterización de obstáculos.	14
Evaluación de dolor en individuos sanos mediante conductancia cutánea: Estudio de factibilidad	15
Control automático para un brazo robótico aplicando técnicas de aprendizaje de máquina y usando una banda de control por gestos con fines de rehabilitación en discapacitados	16
Desarrollo de un modelo dinámico no-lineal de un exoesqueleto para la rehabilitación de los movimientos de la articulación de la cadera	19

## SEGMENTACIÓN DEL VOLUMEN TIROIDEO EN IMÁGENES DE ULTRASONIDO UTILIZANDO MODELOS PROBABILÍSTICOS

Alejandro Rincón Cortés\*, Frank Vásquez Martínez, Hernán Felipe Arias García

Universidad del Quindío, Colombia

\*Autor de correspondencia: arinconc@uqvirtual.edu.co

**Palabras Claves:** Detección de cáncer, Tiroides, Modelos probabilísticos, Segmentación de imágenes

En el campo de análisis de imágenes médicas, el reconocimiento de la glándula tiroides es de gran importancia, debido a que el cáncer de tiroides es la patología endocrina maligna más común. Recientemente las tecnologías para el procesamiento de imágenes de ultrasonido han permitido que a partir de estudios no invasivos se pueda realizar un diagnóstico rápido y confiable, sin radiación ionizante alguna. Además, el personal de la salud, se enfrenta a un gran reto determinando el volumen de la tiroides en las imágenes, ya que están sujetos a la experiencia de los radiólogos debido a que estas imágenes tienen eco-perturbaciones y ruido moteado, lo cual hace que identificar las zonas objetivo sea un trabajo complejo. Por lo tanto, los recientes avances en las ciencias computacionales, ha permitido que modelos probabilísticos, se pueden aplicar para encontrar patrones en las características extraídas de las imágenes de ultrasonido. Además, se puede modelar el ruido de estas imágenes obteniendo una mejor exactitud en la segmentación final. En este trabajo se presenta el desarrollo de un modelo probabilístico a partir de procesos Gaussianos para determinar el volumen tiroideo en imágenes de ultrasonido. El motivo principal es el de ayudar al especialista con herramientas tecnológicas, que permitan realizar una segmentación de la zona objetivo. Los resultados experimentales muestran que el modelo propuesto puede predecir las texturas relacionadas con las zonas del tejido tiroideo eficientemente. Además, a partir del enfoque probabilístico para este tipo de segmentaciones, se puede cuantificar la incertidumbre asociada al proceso de segmentación, lo que deriva en modelos más representativos.

# PROCESAMIENTO DE RETINOGRAFIAS PARA MEJORAR EL DESEMPEÑO EN LA DETECCIÓN DE RETINOPATÍA DIABÉTICA MEDIANTE EL USO DE REDES NEURONALES CONVOLUCIONALES (CNN)

Alexa Valderrama Vélez, Daniela Hernández Álzate\*, Erick Javier Argüello Prada  
Universidad Santiago de Cali, Colombia

\*Autor de correspondencia: [daniela.hernandez01@usc.edu.co](mailto:daniela.hernandez01@usc.edu.co)

**Palabras Claves:** Retinopatía diabética, Retinografía, Procesamiento de imágenes, Redes neuronales convolucionales (CNN)

La retinopatía diabética (RD) es la principal causa de ceguera en adultos mayores de 60 años. Ésta se debe principalmente a elevados niveles de azúcar en la sangre, y es una de las señales principales para su diagnóstico. El daño se origina principalmente en los vasos sanguíneos de la retina, lo cual causa un deterioro progresivo de la visión hasta provocar la pérdida total en casos más severos. Para el diagnóstico de esta patología se realizan exámenes como la toma de retinografías para la evaluación de imágenes del sistema óptico. Otra alternativa es el uso de diferentes métodos algorítmicos para detección de exudados duros (DE), los cuales aparecen como estructuras amarillas o blancas con formas variables en la retina, presentando hemorragias por un sangrado anormal y microaneurimas (MA). Uno de los sistemas más utilizados para la detección de esta patología son las Redes Neuronales Convolucionales (CNN), ya que esta ha mostrado ser de gran apoyo para el especialista facilitando el proceso de evaluación. No obstante, se ha demostrado que la calidad de las imágenes puede influir notablemente en el desempeño del clasificador, siendo incluso un factor determinante en el diagnóstico de la patología. Con base en esto, el propósito de la presente investigación es evaluar el efecto de implementar algunas técnicas de procesamiento de imágenes sobre la eficacia de una CNN para detectar la RD. Para cumplir con este objetivo, se recopilarán las imágenes de una base de datos pública obtenida de DIARETDB1, la cual contiene imágenes digitales de individuos que presentan y no presentan la patología. En primer lugar, se llevará a cabo la clasificación de las imágenes, luego se hará el procesamiento de las imágenes médicas y la segmentación. Al obtener la diferencia en las imágenes del antes y el después de ser procesadas se evaluará el desempeño de la CNN, determinando así la efectividad a la hora de arrojar los resultados de si el paciente padece o no RD. Se espera a futuro poder contribuir con una herramienta automatizada de apoyo al especialista, capaz de brindar un diagnóstico oportuno y confiable.

## PROPUESTA PARA LA MEDICIÓN DE HEMOGLOBINA Y DIAGNÓSTICO DE ANEMIA POR MEDIO DE FOTOPLETISMOGRAFÍA (PPG)

Sebastián Orozco Meza, Melissa Osorio Ayala\*, Erick Javier Argüello Prada

Universidad Santiago de Cali, Colombia

\*Autor de correspondencia: lady.osorio00@usc.edu.co

**Palabras Claves:** Diagnóstico de Anemia, Fotopletismografía, Dispositivo de detección

Los trastornos de los glóbulos rojos son unos de los padecimientos sintomatológicos que afectan a gran parte de la población mundial. Una de las afecciones más frecuente es la anemia, la cual, y de acuerdo con la OMS, afecta a un cuarto de la población mundial. Esta enfermedad se manifiesta a través de la escasez o disminución de una proteína cuaternaria, conocida como hemoglobina, cuya función primordial es la de llevar el oxígeno y otras moléculas hacia todo el organismo. Para estimar la concentración de la hemoglobina en sangre se utilizan diferentes métodos tales como el Hemoglobinómetro, el cual es un dispositivo invasivo portátil que hace uso de lancetas para la toma de las muestras sanguíneas y reacciona químicamente para la obtención del resultado de la concentración de hemoglobina. Otro método comúnmente utilizado es el Hemograma IV completo, que hace uso de jeringas y tubos para la obtención de la muestra sanguínea con el fin de someterla a una serie de procedimientos físico-químicos que permiten la visualización de ciertas moléculas. Pese a que son dos de los métodos más usados en la práctica clínica para estimación del nivel de hemoglobina en sangre, ambos son invasivos, lo cual supone molestias para el paciente, riesgos de contraer infecciones y el periodo de tiempo de obtención de resultados es prolongado. La fotopletismografía (PPG) es una técnica óptica, sencilla y de bajo costo que permite medir las variaciones del flujo sanguíneo periférico. A partir de la fracción de luz que es absorbida por la sangre, es posible estimar la cantidad de hemoglobina contenida en ella, principio el cual se conoce como Ley de Beer-Lambert. Con base en esto, la presente propuesta tiene por objetivo el desarrollo de un dispositivo portable, fácil de usar y de bajo costo para medición de la hemoglobina en sangre. Una de las actividades contempladas en esta propuesta es la implementación de algoritmos que permitan la detección y visualización de posibles cambios en la señal PPG, con el fin de estimar los niveles de hemoglobina en sangre del individuo. El desarrollo e implementación de este dispositivo podría reducir las molestias generadas al paciente y permitiría conocer en un menor tiempo la concentración de la hemoglobina en sangre. Esto con el propósito de contribuir en la formulación de un tratamiento eficaz para aquellos pacientes que sufren de anemia y disminuir los costos asociados.

## DESARROLLO DE UN DISPOSITIVO NO INVASIVO PARA LA MEDICIÓN DE GLUCOSA EN SANGRE MEDIANTE ESPECTROSCOPIA DE INFRARROJO CERCANO (NIR) Y ULTRASONIDO

Sonia María Bolaños Muñoz, Erick Javier Argüello Prada\*

Universidad Santiago de Cali, Colombia

\*Autor de correspondencia: [erick.arguello00@usc.edu.co](mailto:erick.arguello00@usc.edu.co)

**Palabras Claves:** Diabetes, Detección no invasiva, Espectroscopía de infrarrojo cercano (NIR), Ultrasonido, Dispositivo de detección

A nivel mundial, gran parte de la población posee algún tipo de Diabetes. Según la Organización Mundial de la Salud, la prevalencia de esta enfermedad ha ido en continuo aumento, pues desde el año 2014 pasó del 4,7% al 8,5% en la población adulta. Para evitar complicaciones que pueden llegar a ser fatales, resulta imperativo que los pacientes diabéticos lleven a cabo un monitoreo frecuente de su nivel de glucosa en sangre. Actualmente, la mayoría de los dispositivos utilizados para estimar la concentración de glucosa en sangre son invasivos, como por ejemplo el glucómetro GlucoQuick vital, con el cual la persona se ve obligada a punzarse el dedo para extraer una pequeña cantidad de sangre y así estimar la concentración de glucosa. Este método, además de doloroso, puede traer consigo riesgos de contraer infecciones y otras complicaciones relacionadas con la enfermedad. Ante esta problemática, surge la necesidad de monitorear los niveles de glucosa en sangre de forma no invasiva, lo cual incluye el uso de tecnologías como la espectroscopia de infrarrojo cercano (NIR) y el ultrasonido. No obstante, cada una de estas técnicas posee ciertas limitaciones a nivel de biocompatibilidad, sensibilidad y especificidad de las mediciones, profundidad de penetración, baja precisión, influencia de la temperatura, y costo económico de la instrumentación asociada. Con base en esto, el presente trabajo tiene por objetivo desarrollar un dispositivo para estimación no invasiva del nivel de glucosa en sangre que combine la espectroscopía NIR con el ultrasonido. Esto con el fin de compensar las debilidades que cada técnica posee por separado y determinar si es factible obtener mejoras a nivel de estimación de los niveles de glucosa en sangre. Los componentes a usar incluyen diodos luminiscentes (LED) de tipo NIR y sensores ultrasónicos de tipo HC-SR04 para Arduino. Una vez construido el dispositivo se llevarán a cabo una serie de mediciones en sujetos de prueba, con y sin el uso de ultrasonido, resultados los cuales serán comparados utilizando como instrumento patrón, un glucómetro tradicional. Se espera que mediante la combinación de estas dos técnicas y la comprensión de los factores físicos y fisiológicos que pueden afectar la medición, se puedan obtener mejoras en cuanto a la fiabilidad y estabilidad de los resultados. Trabajos futuros podrían incluir la adaptación de un módulo de transmisión inalámbrica (WiFi, Bluetooth) y la visualización del nivel de glucosa en sangre desde un dispositivo móvil

## IMPROVED ESTIMATION OF RESPIRATORY RATE BY USING ULTRASOUND SIGNALS ON ANDROID DEVICES

Alexander López Parrado\*

Programa Ingeniería Electrónica, Universidad del Quindío, Colombia

\*Autor de correspondencia: parrado@uniquindio.edu.co

**Palabras Claves:** Measurement of respiratory rate, Wearable device

COVID-19 has become the main concern of humanity nowadays, and it will be so in the upcoming years. This disease and its consequences have revealed many problems, which need to be solved by committed researchers in areas such as health sciences, biology, chemistry, and engineering, among many others. Number and complexity of these problems grow as we get more knowledge about SARS-CoV-2 and its devastating effects on society.

Pneumonia is the most common health problem that COVID-19 produces in people, these patients develop symptoms like shortness of breath, dry cough, sore throat which compromise upper and lower respiratory system. Nonetheless, recent medical research suggests that early SARS-CoV2 infection can be detected by analyzing the Respiratory Rate (RR) of patients. However, estimation of RR in presumably infected patients implies the use of at home equipment, which can require specialized human intervention increasing risk of spread.

Above problem has been addressed by some authors according to reviewed literature. On the one hand, some authors used specialized sensors, wearables and custom electronics to estimate RR of patients. On the other hand, some works have been developed where mobile devices estimate RR by using either microphone, accelerometer, video camera, or radio signals. Nevertheless, the less invasive sensor to estimate RR is the microphone, however, real time implementations are scarce or use complex sonar algorithms which do not work on low-end devices.

Therefore, in this work we developed a system that can estimate RR in real time by using a simple sonar algorithm. The system was inspired in a previous work, thus we reduced computational complexity and improved reliability of some signal processing stages to allow operation on low-end Android devices. The system is capable of continuously measuring the breath signal from the ultrasound echo reflecting from chest or abdomen to estimate RR. For this purpose, we used low complexity signal processing operators and a sufficiently small sampling rate to ensure real time operation with reduced power consumption.

The designed system is composed of six stages: (1) One stage generating Continuous Wave (CW) of 20 kHz. (2) One moving average stage that performs low-pass filtering of echo signal before down-sampling. (3) One down-sampling stage that reduces sampling rate down to 4.26 Hz. (4) One angle demodulation stage, that improves some drawbacks of previous works. (5) One 256-point FFT to estimate PSD of phase. (6) Finally, one stage that finds a significant peak in the PSD which ultimately corresponds to the RR in Hz.



Finally, the system was implemented on an Android device by using the C++ programming language and the OpenSL ES library, all as a background service of the SimDSP application which is creation of the author. This mixed approach helped out to ensure real time operation of the RR estimator by reducing the audio latency and accelerating the signal processing operators while keeping a pleasant UI during tests.

## OPEN FAB VENTILATOR

José Zuluaga Ramírez\*, Sonia María Vanegas Pérez, Juan Pablo Restrepo Castañeda,  
Erick Fragoaso Cuevas

---

Grupo Investigación GIOSTIC, Fac. de Ingeniería. Institución Universitaria de Envigado, Colombia  
*\*Autor de correspondencia: zuluagaramirezj@gmail.com*

---

**Palabras Claves:** Ventilación mecánica, Dispositivo bajo costo

El 11 de marzo de 2020, la OMS declaró la pandemia por el COVID-19, ante el exponencial incremento de casos en todo el mundo que presentan profundas complicaciones en el sistema respiratorio. Para el tratamiento de pacientes, es fundamental contar con “Ventiladores Mecánicos” que le permitan a los contagiados tener mayor oportunidad de superar la enfermedad.

Conscientes de las limitaciones del sistema de salud en Colombia y Latinoamérica, la escasa capacidad de estos recursos, dificultades para su compra e importación a tiempo y la realidad de muchos hospitales alrededor del mundo que se están viendo colapsados de pacientes que necesitan ayuda respiratoria, nos da la suficiente motivación para desarrollar otra posible opción “ventilador mecánico” que sea funcional, de bajo costo, manufacturado con herramientas de fabricación digital, y electrónica básica de fácil acceso.

El dispositivo de ventilación mecánica de bajo costo Open Fab Ventilator, está basado en la automatización de un resucitador manual tipo ambu. Este sistema mecánico comprime rítmicamente la bolsa ambu y proporciona ventilación positiva en pacientes que no respiran o que no lo hacen de forma adecuada, suministrando la cantidad de aire necesaria al paciente, reemplazando el personal humano que realiza las tareas de ventilación manual, proporcionando una ventilación a más largo plazo en circunstancias de emergencia de escasez de ventiladores.

Este prototipo está diseñado para que la mayoría de sus componentes sean fabricados mediante maquinaria de fabricación digital, en corte láser e impresión 3d, para un rápido montaje junto con componentes mecánicos y electrónicos de fácil acceso. El sistema de control está basado sobre un microcontrolador de hardware libre que controla el movimiento de los motores según los parámetros de frecuencia y profundidad de compresión, suministrando el volumen de aire y frecuencia respiratoria necesaria para el paciente

En el siguiente link puede ampliar el detalle de los avances y del prototipo realizado:  
[https://wikifactory.com/@smartcampus/open-fab-ventilator?utm\\_source=facebook&utm\\_medium=banner&utm\\_campaign=SmartCampusVentilatorVR&fbclid=IwAR2l-8BwqnVDxdTIBVrB8vQKjuyRn\\_TxMcKAK1LR-ZaNQKzFMczALQ9SQ1Q](https://wikifactory.com/@smartcampus/open-fab-ventilator?utm_source=facebook&utm_medium=banner&utm_campaign=SmartCampusVentilatorVR&fbclid=IwAR2l-8BwqnVDxdTIBVrB8vQKjuyRn_TxMcKAK1LR-ZaNQKzFMczALQ9SQ1Q)

## **DEVELOPMENT OF A NETWORK OF IBOCA AIR QUALITY MONITORING NODES LINKED TO A WEB APPLICATION FOCUSED ON IMPROVING THE HEALTH OF THE POPULATION**

Daniel Santiago Becerra Casas\*, Carlos Felipe Reyes Bello, Juan Sebastián Rubiano Labrador,  
Oscar Arnulfo Fajardo Montaña

---

Dpto. de Ingeniería Electrónica, Universidad Central, Bogotá, Colombia

*\*Autor de correspondencia: dbecerra1@ucentral.edu.co*

---

**Palabras Claves:** Air monitoring, IoT, Mobile monitoring, Fine particulate matter, PM2.5, IBOCA, Mobile Sensors Network.

Bogotá currently ranks 44th in the world's cities with the highest concentration of PM2.5, and Colombia ranks 50th in the same ranking established by the IQAir AirVisual 2018 global air quality report, a problem that has been manifesting itself in the media and social networks, opening a discussion about air quality in Bogotá and its impact on the health of its population.

This work shows the development process of a portable prototype for the monitoring of the Índice Bogotano de Calidad de Aire - IBOCA associated with the ultra-fine PM2.5 material, the measurement of meteorological variables (temperature, relative humidity and air pressure) and the acquisition of geolocation. The developed prototype triangulates the geographical location of the user by means of its geographical coordinates. Using a web platform, the user will be able to consult and download the measurements at any time, monitor them and consult in detail the air quality in the areas where the user lives or travels in general. This air quality monitoring system uses advanced communication technologies such as the Internet of Things (IoT) and the integration of a network of wireless sensors in order to help significantly improve the living conditions and health of the population.

## ANÁLISIS NO LINEAL DE LA ESTABILIDAD ESTÁTICA EN AMPUTADOS UNILATERALES TRANSTIBIALES

Lely A. Luengas-C\*, Daissy C. Toloza, Esperanza Camargo

Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia

\*Autor de correspondencia: lalengasc@udistrital.edu.co

**Palabras Claves:** Rehabilitación física, Amputación transtibial, Análisis de estabilidad

A pesar de las limitaciones de movilidad de las personas alrededor del mundo debido a la pandemia del COVID19, Colombia no es la excepción, las consecuencias del conflicto armado continúan presentes. Una de ellas es el impacto por minas antipersona, que ha dejado fallecidos y mutilados en el transcurso de este año 2020, en donde se han presentado 100 víctimas por estos artefactos armados, incrementando la no despreciable cifra de más de 11 mil personas afectadas desde 1980. Entre las víctimas se tienen amputados y un alto número con amputación por debajo de rodilla. Por lo anterior, urge establecer mecanismos que permitan la inserción de los amputados en la sociedad, siendo el uso de la prótesis un método de rehabilitación física y para ello debe estar ajustada a las características corporales del usuario. Debido a la pérdida de masa muscular y ósea se presenta alteración de la estabilidad en los amputados; estudios han revisado la estabilidad en esta población usando métodos lineales, sin embargo, no han podido establecer las diferencias estructurales entre los amputados y los no amputados; se hipotetiza que el análisis con un enfoque no lineal puede arrojar mejores resultados. Por lo expuesto, se realizó una investigación observacional para indagar el comportamiento de la estabilidad corporal en amputados transtibiales usando teoría de la información (TI). Se reclutaron nueve sujetos amputados por minas antipersona, usuarios de prótesis con más de un año de uso, y nueve sujetos no amputados. Se tomaron mediciones del centro de presión (CoP) usando plantillas instrumentadas Pedar®, a partir de estos datos se generaron estabilogramas y estatocinesiogramas para observar el comportamiento del CoP, posteriormente se realizó el análisis con TI reduciendo el número de datos de las variables a través de agrupación y conversión de tipo de variable, de numéricas se transformaron a categóricas, usando el algoritmo basado en TI Menor Pérdida de Información, se obtuvieron las medidas infométricas (ruido, equivocación e información transmitida Tx) de las variables estudiadas y la relación de estas con la estabilidad (entropía). Se observó que el sistema contiene alta información redundante (6,52 bits), pero TI depura y accede a la información útil (0,766 bits) sin tener en cuenta el tipo de relación existente entre entradas y salida. Un sistema ideal presenta Tx 100% y relación perfecta entre entradas y salida; en esta investigación se evidenció que las dos direcciones y ambas piernas inciden en la estabilidad postural (Tx 77%), así mismo que existe una alta influencia de la amputación en la estabilidad ya que esta varía entre los grupos estudiados. En los amputados, la dirección antero-posterior del lado no amputado es la de mayor oscilación y tiene una alta incidencia en la estabilidad (Tx 32,88%, confianza 96%); al ser el lado no amputado el que presenta mayores alteraciones, se asevera que usan mayormente este lado para mantener el equilibrio, claro que también es aportante el lado protésico (Tx 9,01%, confianza 85%). Los resultados permiten aseverar que en la indagación de la estabilidad postural se aprueba el uso de TI, por lo tanto, se

puede indicar que esta herramienta puede ser utilizada como un método de apoyo para la rehabilitación física en uso de prótesis para la población de análisis.

## **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE GUANTE PARA MONITOREO Y OBTENCIÓN DE DATOS EN EL PROCESO DE REHABILITACIÓN FISIOTERAPÉUTICO EN MANO CON LESIÓN DE TENDONES FLEXORES.**

William Fernando Bernal Suarez\*, Yerson Daniel Puerto Saavedra, Hansel Fabián Díaz Sánchez

Fundación Universitaria Juan de Castellanos, Colombia

*\*Autor de correspondencia: wbernal@jdc.edu.co*

**Palabras Claves:** Rehabilitación física, Fisioterapia de mano, Instrumentación de guante

En Colombia es evidente la brecha entre el acceso y desarrollo de dispositivos tecnológicos en áreas como la fisioterapia, la cual no permiten un desarrollo práctico de los profesionales especializados en este campo, un ejemplo claro son los procesos de terapia de rehabilitación que se desarrollan mayormente de forma mecánica siguiendo los protocolos dispuestos para esto, lo cual no permite generar un proceso de realimentación de la evolución del paciente, es así como surge la idea de diseñar e implementar un prototipo de guante para monitoreo y obtención de datos en tiempo real para procesos de rehabilitación fisioterapéutico en pacientes con lesión de tendones flexores de la mano con pérdida de fuerza y flexibilidad de falanges, y de esta forma contribuir a facilitar y optimizar el seguimiento del proceso de terapia física y la evolución en la rehabilitación de la mano. Esto permite el desarrollo de esta actividad de acuerdo a la necesidad real según los niveles de esfuerzo y flexibilidad alcanzados por cada uno de los dedos de la mano bajo tratamiento. Este guante consta de 5 sensores de fuerza y flexión (FSR y FS) dispuestos para cada dedo con su correspondiente etapa de acondicionamiento en las cuales se desarrollaron las calibraciones y pruebas correspondientes para asegurar así datos confiables, cuenta a su vez con un sistema de transmisión de datos por puerto USB, conectividad Bluetooth, una batería para asegurar autonomía y movimiento del paciente en el entorno donde se desarrollan las terapias y finalmente tiene implementado un entorno gráfico amigable que permite incluir los datos del paciente y visualizar y almacenar en tiempo real la información correspondiente a fuerza y flexión de cada uno de los 5 dedos de la mano. El guante sobre el cual se dispuso los elementos mencionados anteriormente fue fabricado en una tela tipo lycra que por sus características permite comodidad, flexibilidad y ligereza y por ello fácil adaptabilidad al tamaño de la mano, fue diseñado con base a modelos de guantes de realidad virtual ya que se acercaban a un modelo ideal para una toma de dato acertada. Es así como se ha podido establecer un margen de beneficio de este prototipo que radica tanto en el fisioterapeuta como el paciente que contarán con un sistema que permite visualizar información que describe el comportamiento y avance que tenga en el proceso de rehabilitación y recuperación de la mano, beneficios que se han podido evidenciar en la etapa de prueba con pacientes en salas de terapia física en la ciudad de Tunja. Se proyecta y se está trabajando en una serie de mejoras en su aplicabilidad para que se adapten a la realidad actual de la sociedad y que permita ampliar el marco de cobertura de otro tipo de lesiones en manos.

# CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO ELECTRÓNICO PORTABLE PARA ASISTIR A PERSONAS VISUALMENTE IMPEDIDAS EN LA DETECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE OBSTÁCULOS.

Lina María Santacruz Forero\*, Erick Javier Argüello Prada

Universidad Santiago de Cali, Colombia

\*Autor de correspondencia: lina.santacruz00@usc.edu.co

**Palabras Claves:** Tecnologías de asistencia, Personas visualmente impedidas, Dispositivo portable

La discapacidad visual es considerada la tercera discapacidad con mayor frecuencia en la población colombiana. Para el 2013 se reportaron alrededor de 1.143.992 de personas con esta minusvalía. De acuerdo con el DANE, estas cifras aumentan cada año y, sumado a esto, el departamento con mayor cantidad de personas visualmente impedidas (PVI) es el Valle del Cauca con 13.22%. Se ha demostrado que es posible contribuir con el buen desenvolvimiento de las PVI dentro del contexto de la sociedad actual a través de propuestas tecnológicas innovadoras. Entre ellas destacan sistemas como los perros guías y los bastones blancos, los cuales integran diferentes tipos de sensores y diversas tecnologías, incluidos los sistemas de posicionamiento global (GPS). No obstante, estos sistemas limitan la autonomía del individuo al requerir el uso de, al menos, una de sus manos, y su función se restringe a la de detectar obstáculos sin suministrar información más detallada sobre estos, como por ejemplo sus dimensiones. Adicionalmente, la mayoría de estos sistemas poseen características físicas (p.ej. peso) que hacen difícil su transporte. Por último, pero no menos importante, investigaciones previas sugieren que pocas veces se tiene en cuenta la opinión de los usuarios en el desarrollo de estos sistemas, y que algunos de los que ya han sido implementados no han pasado por una serie de pruebas que incluyan criterios de portabilidad, usabilidad y desempeño. Con base en esto, la presente investigación tiene por objetivo el diseño y elaboración de un dispositivo portable para asistir a las PVI que deseen desplazarse de un lugar a otro, a través de la detección y caracterización de obstáculos. Uno de los aspectos más novedosos de esta investigación radica en que serán tomadas en cuenta las opiniones de un grupo de PVI para el diseño del dispositivo, el cual se espera que pueda formar parte del “atuendo” de la persona. Resultados preliminares han permitido confirmar que la opción más atractiva y la que mejor se ajusta a las necesidades de las PVI, en cuanto a la facilidad de transportar y usar el dispositivo, es un cinturón. Se contemplará el uso de sensores de ultrasonido e infrarrojos (HRS-04 y GP2Y0A21, respectivamente), cuyo comportamiento en cuanto a la estimación de distancia se ha caracterizado previamente. Esto con el fin de estimar no solo la distancia a la cual se encuentra el obstáculo sino también las dimensiones del mismo, información que le será suministrada al usuario a través de una alerta sonora o mensaje pre-grabado, proporcionándole así una mayor autonomía. Asimismo, a través de los avances en cuanto a la miniaturización de sensores y procesadores, se pretende que el dispositivo sea mucho más liviano, de tal forma que, sea más fácil de transportar, portar y usar.

## EVALUACIÓN DE DOLOR EN INDIVIDUOS SANOS MEDIANTE CONDUCTANCIA CUTÁNEA: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

Carlos Mario Navarrete Jiménez\*, Cristian David Castillo Gómez, Erick Javier Argüello Prada

Universidad Santiago de Cali, Colombia

\*Autor de correspondencia: mario9717@hotmail.com

**Palabras Claves:** Conductancia cutánea, dolor, evaluación, auto-informe.

A lo largo del tiempo, el dolor se ha definido como una experiencia multidimensional y un problema de orden clínico, social y económico como consecuencia de lo difícil que es proporcionar un tratamiento adecuado para el alivio del mismo. Un tratamiento eficaz para el dolor depende en gran parte de una valoración precisa. El método más usado para valorar el dolor en la práctica clínica es el auto-informe. No obstante, este método presenta serias limitaciones en pacientes que no poseen las habilidades físicas y/o cognitivas necesarias para reportar el origen y la intensidad del dolor que padecen, tales como los recién nacidos, adultos mayores con trastornos y pacientes intubados. Por esto surge la necesidad de crear opciones que le permitan al personal de la salud conocer las características del dolor que experimentan este tipo de pacientes. Ante esto, se ha propuesto como alternativa el uso de múltiples parámetros fisiológicos, dentro de los cuales se incluyen la frecuencia cardíaca, la temperatura corporal y la conductancia cutánea, con el fin de determinar no solo si un sujeto experimenta, o no, dolor, sino también la intensidad o severidad del mismo (bajo, medio, alto). Sin embargo, esto implica el uso de sistemas complejos que requieren validación previa por parte del personal médico, y que pueden resultar incómodos para el paciente dado la elevada cantidad de sensores que éstos emplean. Con base en esto, la presente investigación plantea determinar si es posible valorar el dolor que experimenta una persona sana, usando únicamente la conductancia cutánea. Por lo tanto para lograr los objetivos de la investigación se llevó a cabo una revisión del estado del arte referente al uso de la conductancia cutánea como único parámetro para monitorear el dolor, mediante bibliotecas electrónicas. Resultados preliminares confirman que es posible observar variaciones de la conductancia cutánea en sujetos sanos como respuesta al dolor experimentado tras la aplicación de estímulos mecánicos. Como paso siguiente, se implementarán una serie de algoritmos que permitan extraer algunas características de la conductancia cutánea, tales como la amplitud, el número de fluctuaciones por segundo, la energía y la entropía asociada a la señal. Finalmente, se realizará el análisis de los resultados de las pruebas realizadas en donde se espera demostrar que solo con un único parámetro fisiológico como lo es la conductancia cutánea es posible determinar y estandarizar el dolor que padece una persona sana.



# CONTROL AUTOMÁTICO PARA UN BRAZO ROBÓTICO APLICANDO TÉCNICAS DE APRENDIZAJE DE MÁQUINA Y USANDO UNA BANDA DE CONTROL POR GESTOS CON FINES DE REHABILITACIÓN EN DISCAPACITADOS

Angie Paola Molina Tique\*, María Fernanda Villoria Posso, Hernán Felipe García Arias

Universidad del Quindío. Colombia

\*Autor de correspondencia: [apmolinat@uqvirtual.edu.co](mailto:apmolinat@uqvirtual.edu.co)

**Palabras Claves:** Rehabilitación física, Bioseñales, Reconocimiento de patrones

De acuerdo a los desarrollos de sistemas de entrenamientos robóticos, se encuentran campos de investigación basados en el uso de bioseñales tales como las EMG, donde éstas permiten manipular entornos reales o ficticios. Esto como parte de un proceso fundamental en la ingeniería para la solución de problemas presentes en el entorno cotidiano, ya sean procesos industriales, médicos u otros; encontrando gran usabilidad en áreas como la inteligencia artificial y afines.

De este modo, se tienen en cuenta trabajos relacionados con el estudio de caracterización de bioseñales para algoritmos de entrenamiento predictivos. Sin embargo, los algoritmos existentes en el área presentan enfoques diferentes como el desempeño del mismo con respecto a los datos obtenidos y ejecutados por los robots, donde se logra percibir el interés en la realización de una tarea de control dada. Por ello, se pretende obtener un complejo modelo de control enfocado al reconocimiento de gestos en un brazo robótico; teniendo en cuenta esto, se dice que el uso de modelos de aprendizaje de máquina ha logrado cambios en el análisis predictivo en los últimos años, debido a que la exploración de nuevas tecnologías tienen como objetivo facilitar diagnósticos médicos dando paso a aplicaciones que benefician los procedimientos electromiográficos, donde se genera un mayor análisis de las bases de datos, lo que a su vez logra extraer patrones provenientes de las mismas para así determinar predicciones de eventos.

El presente trabajo, realiza un enfoque en modelos de entrenamiento para la clasificación de señales EMG, con el fin de diseñar un sistema de control para un brazo robótico, utilizando una banda de control por gestos y técnicas de aprendizaje de máquina. Cabe resaltar que las tecnologías aplicadas a la medicina son costosas y de difícil acceso, y a su vez, se hacen necesarias para la supervisión en áreas especializadas, en las cuales por medio de artefactos como la banda de control por gestos permiten obtener las señales bioeléctricas de una manera no invasiva y poco riesgosa; convirtiéndose esta en una herramienta útil y siendo aceptada debido a su fácil acceso y comodidad.

El proyecto en desarrollo consta de dos partes importantes; inicialmente se desarrolla un algoritmo basado en redes neuronales el cual permite clasificar las señales EMG, realizando previamente el proceso de extracción de características como método de preparación de las mismas; todo esto con el objetivo de obtener señales de control que permitan determinar referencias para realizar el control al brazo robótico simulado llamado PUMA desarrollado por el laboratorio de la Universidad de Walla Walla; como segundo momento, se logra que

el robot vaya a posiciones previamente determinadas evaluando el funcionamiento del modelo y sistema de control en general, para esta evaluación se usa de manera paralela al entrenamiento técnicas de validación cruzada obteniendo porcentajes de exactitud del modelo y realizando pruebas con datos diferentes a los de entrenamiento. Los resultados del entrenamiento y en general son bastante interesantes, ya que usando la validación anteriormente mencionada el sistema promete un rango de exactitud mayor al 95%.

## DESARROLLO DE UN MODELO DINÁMICO NO-LINEAL DE UN EXOESQUELETO PARA LA REHABILITACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS DE LA ARTICULACIÓN DE LA CADERA

José Luis Sarmiento Ramos\*, Ruth Alejandra Ramírez Barreto, Yuli Andrea Acevedo Maldonado.

SISTECBIO, Grupo de investigación en sistemas y tecnologías biomédicas.  
Universidad Manuela Beltrán (UMB) seccional Bucaramanga, Colombia

\*Autor de correspondencia: jose.sarmiento@docentes.umb.edu.co

**Palabras Claves:** Tecnologías para la salud, Rehabilitación física, Exoesqueleto

La robótica vestible, en inglés *wearable robotics*, es una tecnología que se dedica al diseño de exoesqueletos para rehabilitación, asistencia y potenciación de las capacidades humanas, cuyas aplicaciones se concentran principalmente en el campo médico y militar. Dentro del campo médico, los exoesqueletos para rehabilitación se enfocan en seguir una terapia o tratamiento repetitivo específico con el fin de que los pacientes recuperen el rango de movilidad de la articulación, mientras que los exoesqueletos de asistencia y potenciación se enfocan en suplir y aumentar las capacidades del paciente, al poseer este un grado permanente de discapacidad.

En las últimas décadas, el interés particular de aplicación de los exoesqueletos a la rehabilitación ha crecido exponencialmente ya que se establece como una solución con una buena relación costo-beneficio para los servicios de rehabilitación tradicionales enfocados en la ejecución manual de movimientos repetitivos. Entendiendo que como consecuencia de los movimientos repetitivos se estimula la neuroplasticidad del cerebro y médula espinal, factor clave para la restauración de la movilidad de las extremidades afectadas en algunos casos de trastornos neuromusculares.

En este trabajo se presenta el desarrollo de un modelo dinámico no-lineal de un exoesqueleto para la rehabilitación de los movimientos de flexión/extensión y abducción/aducción de la articulación de la cadera. El exoesqueleto considerado se encuentra compuesto por dos articulaciones para cada uno de los segmentos inferiores, correspondiendo la primera articulación activa a la flexión/extensión y la segunda a la abducción/aducción. Como actuador, para cada articulación activa, se tiene un motor DC acoplado a un reductor velocidad, permitiendo cumplir el rango de movimiento de la articulación de la cadera y la entrega de un torque máximo continuo de 72.9 [N·m]. El modelo fue obtenido a partir del análisis de la dinámica que gobierna los movimientos por medio del método de Euler-Lagrange, y la dinámica asociada los actuadores establecida por medio de la ley de voltajes de Kirchhoff y la segunda ley de Newton aplicadas a la armadura y rotor del motor respectivamente. Las ecuaciones dinámicas no-lineales que describen la dinámica del exoesqueleto fueron implementados en Simulink de Matlab, donde se diseñó e implementó un control clásico PID que permite el seguimiento de señales sinusoidales de diferentes amplitudes y frecuencias. El desempeño del modelo y del control fue evaluado en términos del error medio cuadrático y el error relativo máximo, alcanzando errores por debajo del 2% en el seguimiento de las diferentes señales sinusoidales.