

Plataforma basada en ecgML para el estudio de las complicaciones cardiovasculares en el adulto mayor con síndrome metabólico

Freddy Parra¹, Diana Andrade², Julio Cruz³, Lizandro Solano-Quinde¹, Kenneth Palacio-Baus¹, Lorena Encalada², Sara Wong^{1,3,4}

¹ Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad de Cuenca, Av. 12 de Abril y Agustín Cueva, Cuenca, Ecuador, 010201.

² Facultad de Ciencias Médicas, Universidad de Cuenca, Av. 12 de Abril y el Paraíso 3-52, Cuenca, Ecuador, 010204.

³ Grupo de Bioingeniería y Biofísica Aplicada, Universidad Simón Bolívar Valle de Sartenejas, Baruta, Caracas 1080, Venezuela.

⁴ Investigador Prometeo, Universidad de Cuenca, Av. 12 de Abril y Agustín Cueva, Cuenca, Ecuador, 010201.

Autores para correspondencia: andrespa_90@hotmail.com, yokoandrade@yahoo.com, jcsistemas2001@gmail.com, lizandro.solano@ucuenca.edu.ec, kenneth.palacio@ucuenca.edu.ec, lorena.encalada@ucuenca.edu.ec, sara.wong@ucuenca.edu.ec, swong@usb.ve

Fecha de recepción: 28 de septiembre 2015 - Fecha de aceptación: 12 de octubre 2015

RESUMEN

La presente investigación se enmarca dentro del proyecto DIUC-PROMETEO Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca y Sensibilidad a la Insulina en la población Adulta Mayor de Cuenca. El protocolo clínico desarrollado en este proyecto contempla el registro de datos de diversas índoles que deben ser integrados en una plataforma abierta que permita su fácil explotación tanto para el seguimiento de los sujetos en estudio para su historia médica, como para el uso de esta información con propósitos de investigación. El principal objetivo de este proyecto es integrar los datos de la muestra recolectada en una plataforma abierta. El diseño del sistema propuesto es una solución flexible basada en ecgML, que permite integrar diferentes tipos de variables. Se incorporan las señales ECG en formato ECG-SCP, información demográfica, variables clínicas, antropométricas y bioquímicas. Se presentan los resultados preliminares del desarrollo de la Base de Datos para el estudio del Síndrome Metabólico y sus complicaciones cardíacas. Actualmente la plataforma desarrollada sirve de base para el manejo de la información multi-paramétrica del proyecto DIUC-PROMETEO. A la fecha se ha recolectado datos de 180 AM de los cuales se ha determinado una prevalencia de SM cercana al 40%. De esta población se disponen 117 registros ECG que permitirán realizar diferentes estudios cardiológicos.

Palabras clave: Plataforma abierta, ECG, SCP-ECG, ecgML, síndrome metabólico, adulto mayor.

ABSTRACT

This research is part of DIUC- PROMETEO project Heart rate variability and insulin sensitivity in the elderly population of Cuenca. In this paper preliminary results of the development of a database for the study of metabolic syndrome and cardiac complications are shown. The main objective of this project is to integrate data collected on the project within an open framework. The proposed system is a flexible solution based on ecgML that can integrate different types of variables: ECG in SCP-ECG format, demographic, clinical, anthropometric and biochemical variables. Presently, the platform developed is used for the management of the multiparametric information of DIUC-PROMETEO project. Data from 180 elderly people have been registered. MS prevalence is close to 40%. From this population, 117 ECG records are available for cardiological studies.

Keywords: Open framework, ECG, SCP-ECG, ecgML, metabolic syndrome, elderly.

1. INTRODUCCIÓN

El Síndrome Metabólico (SM) se está convirtiendo en uno de los principales problemas de salud pública del siglo XXI. La prevalencia del SM es mayor en la población de Adultos Mayores (AM), se han reportado prevalencias de hasta un 50% usando el criterio NCEP-ATP III (Sección 2) en ciertas regiones (Mozumdar & Liguori, 2011).

Según el reporte de la Organización Mundial de la Salud, en la Región de las Américas, se evidencia un marcado aumento de la población de 60 años y más, respecto a la población menor de 15 años; y para el año 2025, la proporción de la población de 60 años y más ascenderá a 18.6%. En el año 2037, la mediana del índice de envejecimiento de la región alcanzará el valor de 100 adultos de 60 años y más por cada 100 niños menores de 15 años, es decir, la mitad de los países de la región tendrá más de un adulto por cada niño de dicha edad (índice de envejecimiento superior a 100) (PAHO - Pan American Health Organization, 2012).

Con el crecimiento acelerado de la población adulta mayor es importante apoyar a los sistemas de salud para la brindar una buena calidad de vida para las personas mayores. Esto se encuentra estrechamente asociado al incremento de 5 veces en la prevalencia de diabetes tipo 2 y de 2 a 3 veces en la enfermedad cardiovascular, por lo tanto se considera al SM como un elemento importante en la epidemia actual de diabetes y enfermedad cardiovascular (Shaw *et al.*, 2010). A pesar de que esta población está en aumento, los estudios a nivel regional son limitados. En el proyecto Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca y Sensibilidad a la Insulina en la población adulta mayor de Cuenca se pretende en primer lugar establecer la prevalencia del SM, para posteriormente establecer un protocolo multi-paramétrico que incluya el registro de marcadores bioquímicos, registro ECG, mediciones antropométricas y datos sobre actividad física.

Actualmente, la estandarización para el registro del ECG es un tema de debate, dado que se encuentran numerosos formatos abiertos para el almacenamiento e intercambio de registros ECG (Trigo *et al.*, 2012). Algunos formatos y normas han sido utilizados con éxito en ciertos entornos particulares, sin embargo, no existe un consenso sobre el tema. En el año 2012 se reportaron 39 formatos diferentes de ECG digitales y 47 convertidores entre estos formatos, según se indica en (Trigo *et al.*, 2012).

Es así que se evidencia la necesidad de integrar estos datos de diferente índole y proveniente de diferentes fuentes en una sola plataforma. En este caso, se disponen de registros electrocardiográficos y de las informaciones médicas descritas anteriormente. En este trabajo se reportan los primeros resultados de este proyecto. Se presenta una plataforma abierta basada en ecgML, donde se integrará toda la información recolectada. En las siguientes secciones se describen las características del SM (Sección 2), se presenta el protocolo diseñado (Sección 3), la descripción de la plataforma (Sección 4) y se discuten los primeros resultados (Sección 5). Finalmente se presentan las conclusiones y trabajos futuros.

2. EL SÍNDROME METABÓLICO

En la Tabla 1 se muestran los criterios para diagnosticar el Síndrome Metabólico. Según el NCEP-ATP III, los factores de diagnóstico de esta condición incluyen: elevada presión arterial, triglicéridos elevados, altos valores de glucosa sanguínea en ayunas, valores bajos de HDL-Colesterol y obesidad abdominal. Cuando se presentan 3 de estos 5 criterios en un individuo se considera que el mismo presenta SM (Mozumdar & Liguori, 2011). En Ecuador, el criterio de circunferencia abdominal usado es más estricto, para el hombre debe ser mayor a 90 cm y para las mujer mayor a 80 cm.

Tabla 1. Diagnóstico Síndrome Metabólico, según el NCEP-ATP III.

Presión arterial	$\geq 130/85\text{mmHg}$
Triglicéridos	$\geq 150\text{mg/dL}$
Glucosa sanguínea en ayunas	$\geq 110\text{mg/dL}$
HDL-Colesterol	Hombres < 40 , Mujeres < 50
Circunferencia abdominal	Hombres $> 90\text{cm}$, Mujeres $> 80\text{cm}$

3. EL PROTOCOLO

Esta investigación cuenta con la participación de Adultos Mayores de las 15 parroquias urbanas del cantón Cuenca. Se incluyen AM de ambos sexos, mayores de 65 años. Son excluidos del estudio los AM con deficiencia mental, con alteración del estado de conciencia, con impedimento físico, o con evidencia de Diabetes. Los AM se realizan pruebas de glicemia en ayunas, colesterol, triglicéridos dentro de las instalaciones del Centro de Diagnóstico de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de Cuenca. Se recolectan las siguientes variables:

- Variables demográficas: edad y sexo,
- Variables clínicas: presión arterial.
- Variables Bioquímicas: glicemia en ayunas, urea, creatinina, colesterol, triglicéridos, transaminasas, entre otras.
- Variables antropométricas: peso, estatura y circunferencia abdominal.
- Informaciones sobre la actividad física mediante la aplicación del cuestionario IPAQ (*International Physical Activity Questionnaire*) (Booth y cols., 2003).

Adicionalmente se ofrece la realización de un ECG de reposo en la medida de la disponibilidad de tiempo y espacio. En la mayoría de los casos, la historia de cada AM está estructurada en cuatro componentes: i) los datos demográficos, ii) la información referente a los criterios para diagnosticar el SM, iii) información sobre la actividad física del AM y iv) un ECG de reposo de 12 derivaciones.

4. DESCRIPCIÓN DE LA PLATAFORMA

Existen ECG con diferentes formatos propietarios lo cual amerita de plataformas flexibles para la explotación de estos datos tanto para el seguimiento de un paciente en una historia médica, como para el uso de esta información con propósitos de investigación en clínica y de procesamiento de señales (De Wijs *et al.*, 2005).

Originalmente los registros electrocardiográficos fueron almacenados en diferentes formatos binarios (Goldberger *et al.*, 2000; Ledezma *et al.*, 2014). Estos registros en su mayoría corresponden a estudios ligados a investigaciones en procesamiento de electrocardiogramas para validaciones de algoritmos.

Con el transcurso del tiempo surgieron iniciativas apoyadas por organismos de normalización internacionales para estandarizar el almacenamiento y transmisión del ECG tales como SCP-ECG (estándar europeo), HL7 (estándar ANSI) y DICOM. Aunque estos formatos son ampliamente utilizados no existe un consenso internacional para su utilización. El SCP-ECG (por sus siglas en inglés *Standard Communication for assisted electrocardiography*) es un standard para registros de corta duración que contiene el ECG codificado de forma binaria y metadatos (información del paciente y del dispositivo de registro).

Paralelamente aparecieron soluciones basadas en XML³⁶ como por ejemplo el *ecgML*, que corresponde a un lenguaje de marcado para el registro de datos y análisis de electrocardiogramas, que permite incorporar tanto los datos, como su descripción, adicionalmente las estructuras de los registros y su contenido pueden ser modificados en cualquier momento. El *ecgML* es un lenguaje de marcado para la adquisición de ECG y otros datos, es una aplicación y un formato de soluciones independientes, los cuales ayudan a facilitar el intercambio y análisis de la información de ECG basados en las ventajas del formato XML (Wang *et al.*, 2003). El navegador se puede adquirir desde Internet gratuitamente ya que es un software libre y es ejecutable con Java. Desde su aparición, se han desarrollado numerosas aplicaciones sobre esta plataforma ya que el XML ofrece archivos legibles, de fácil indexación y de integración con la historia clínica del sujeto (Quintero *et al.*, 2007).

Los ECG registrados en formato XML aunque son más pesados y complejos debido a sus estructuras, permiten el desarrollo de aplicaciones más flexibles. Es una aplicación y un formato de soluciones independientes, lo cual facilita el intercambio y análisis de la información de los electrocardiogramas basados en las ventajas del formato XML. Por la facilidad de integración de otro tipo de información se escogió para este proyecto una solución basada en *ecgML*. En la Figura 1 se muestra un esquema de la plataforma desarrollada:

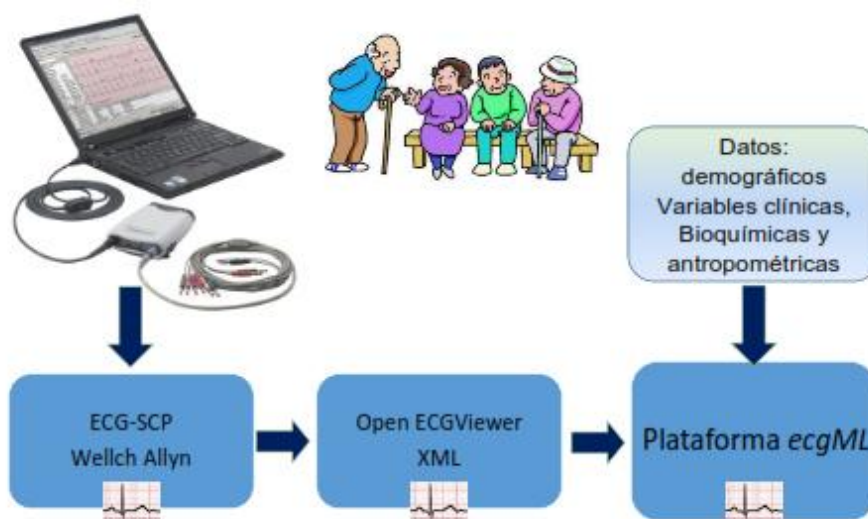


Figura 1. Esquema de la Plataforma.

- Los registros electrocardiográficos son adquiridos usando el electrocardiógrafo CARDIOPERFECT TM PC-BASED ECG marca WelchAllyn, frecuencia de muestreo de 600Hz, 10 seg, 16 bits de resolución. En la Figura 2 se muestra el visualizador WelchAllyn.
- Para convertir la señal del formato SCP-ECG. a archivos .XML se usó el código abierto ECGViewer (Van Ettinger, Lipton, de Wijs, van der Putten, y Nelwan, 2008). El ECGView aplica codificación UTF-8. El archivo está dividido por las etiquetas, y en cada etiqueta diferente se encuentra las 12 derivaciones con los valores de la señal. En la Figura 3 se muestra el visualizador Opensource ECGViewer.
- La señal SCP-ECG convertida a XML es integrada junto a la información demográfica y los criterios del ATP-III y exportada en formato *ecgML*. Las señales ECG y el resto de la información del paciente es integrada en un visualizador creado en MatLab.

³⁶ XML: Extensible Markup Language

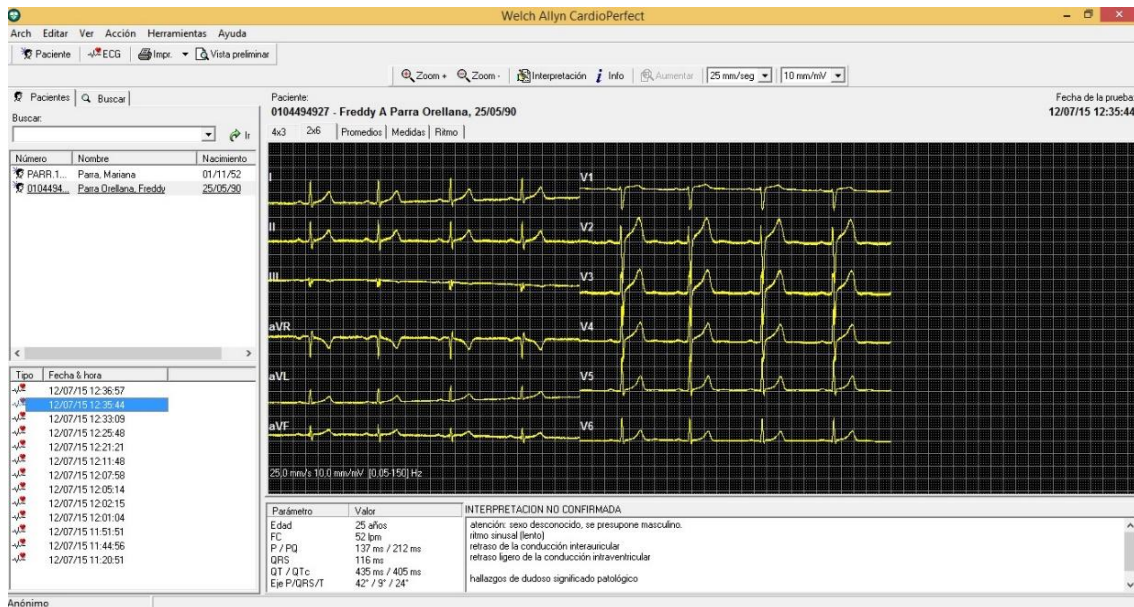


Figura 2. Visualizador WelchAllyn.

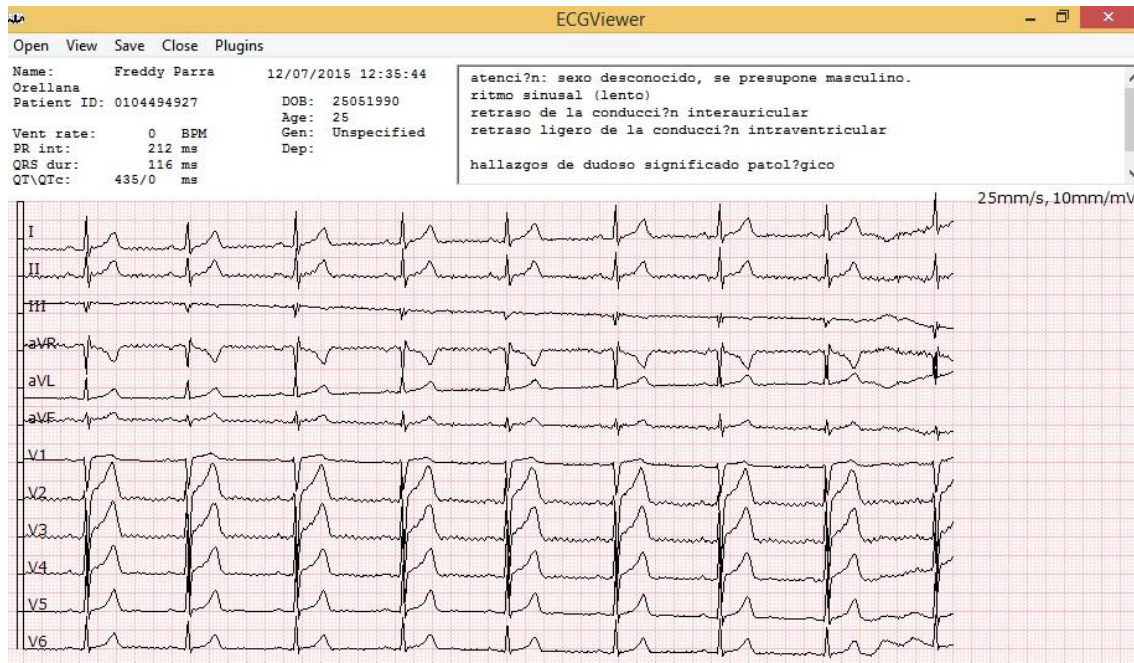


Figura 3. Visualizador ECGViewer.

El visualizador permite observar la información de cada registro ecgML, las derivaciones del ECG, los datos demográficos y clínicos del paciente. Cada registro de paciente está estructurado jerárquicamente en tres componentes: i) los datos demográficos, ii) la información referente a los criterios del NCEP-ATP III para diagnosticar el SM, y iii) las 12 derivaciones del electrocardiograma.

5. RESULTADOS

Se ha diseñado una plataforma basada en ecgML en donde se integra la información de los Adultos Mayores del proyecto en curso. Por ahora es posible observar gráficamente estas informaciones en el

visualizador desarrollado, en la Figura 4 se muestra un ejemplo; en el panel de la izquierda se presentan: en la parte superior, información del registro ECG y en el panel inferior los datos referentes a los criterios del NCEP-ATP III para el diagnóstico del SM. A la derecha se tienen tres paneles en los cuales por ahora es posible observar los canales de ECG deseados. Posteriormente estos paneles podrán modificarse para mostrar informaciones relativas al procesado de señal como por ejemplo latidos promedios o tendencias de parámetros electrocardiográficos.

Se han recolectado datos de 180 Adultos Mayores (68 sexo M) de los cuales casi el 40% presenta SM. De estos 180 AM, se disponen registros electrocardiográficos de 117. Los datos recolectados para el diagnóstico del SM han sido integrados con la información del ECG.

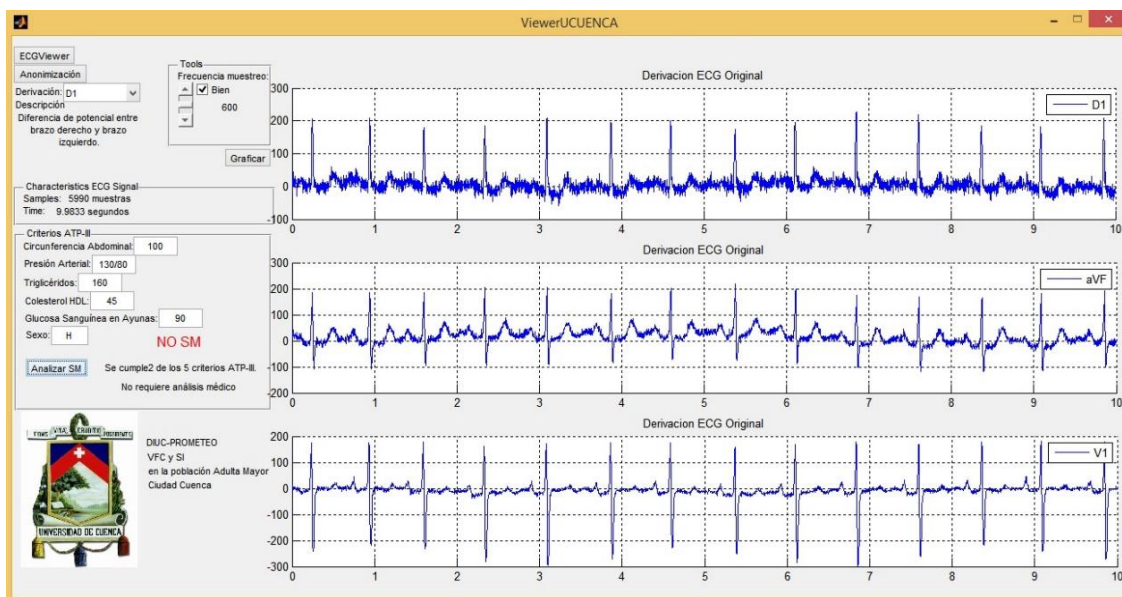


Figura 4. Visualizador desarrollado.

Se estima que se requiere análisis profundo de la información obtenida, con lo cual se evidencia la utilidad de este trabajo, que posibilita la visualización de las señales adquiridas y su procesamiento. Al mismo tiempo se cree pertinente incluir como trabajo a futuro la posibilidad de incluir en este prototipo elementos de visualización de resultados de procesamientos adicionales.

6. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Se ha desarrollado una plataforma basada en ecgML que permite la integración de los diferentes datos del proyecto DIUC- PROMETEO Variabilidad de la Frecuencia Cardiaca y sensibilidad a la Insulina en la población AM de Cuenca. El ecgML permite relacionar de una manera amigable: gráficas, datos y anotaciones que pueden ser utilizados por múltiples usuarios. Actualmente la plataforma sirve de base para el procesamiento de datos y de las señales electrocardiográficas del proyecto de investigación en curso. En cuanto a la plataforma, queda por integrar la información obtenida del cuestionario IPAQ y las anotaciones realizadas sobre los electrocardiogramas. Posteriormente cuando se desarrollen los algoritmos de procesamiento de ECG previstos serán incluidas las anotaciones relativas a las diferentes ondas del ECG. Paralelamente se está adelantando esfuerzos para la validación de esta plataforma.

Los primeros resultados clínicos reportan una muy alta prevalencia de SM en los AM estudiados, sin embargo la fase de recolección de la muestra aún no ha culminado. Se espera en el corto plazo alcanzar una muestra de 378 AM para que los resultados de la prevalencia del SM metabólico puedan ser validados. Culminada la etapa de adquisición, se realizará a las estadísticas y procesamiento de

señales de los datos. Se espera que este estudio permita brindar una mejor calidad de vida para las personas mayores. Los resultados obtenidos podrán ser de interés para la prevención del SM y sus complicaciones cardiovasculares en el AM.

RECONOCIMIENTOS

Se agradece la invaluable participación de los estudiantes de Medicina y Tecnología Médica quienes realizan el trabajo de recolección de la muestra: Karen Álvarez, Adela Arias, Noemi Aucapiña, Marcela Ávila, Paul Barbecho, Jenny Chimbo, Angela Chuchuca, Ximena Morales, Gilberto Ortega, Juan Pañi, Paola Paute, Diana Peralta, Gabriela Sánchez, Edgar Tenecela, Jhon Tinizhañay, Carolina Toledo, Juliana Ucho, Mery Ulloa, Manolo Vázquez, Katherine Velásquez y Mónica Yupa.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado gracias al financiamiento de la Dirección de Investigación de la Universidad de Cuenca (DIUC) y al Proyecto Prometeo de la SENESCYT.

REFERENCIAS

- Booth, M.L., B.E. Ainsworth, M. Pratt, U. Ekelund, A. Yngve, J.F. Sallis, P. Oja, 2003. International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. *Medicine & Science in Sports & Exercise (MSSE)*, 195(9131/03), 3508-1381.
- De Wijs, M., M. Van Ettinger, S. Meij, S. Nelwan, 2005. Integration of multiple ecg databases into a unified framework. *Computers in Cardiology*, 32, 447-450.
- Goldberger, A.L., L.A. Amaral, L. Glass, J.M. Hausdorff, P.C. Ivanov, R.G. Mark, H.E. Stanley, 2000. Physiobank, physiotoolkit, and physionet components of a new research resource for complex physiologic signals. *Circulation*, 101(23), e215-e220.
- Ledezma, C., E. Severeyn, G. Perpinan, M. Altuve, S. Wong, 2014. *A new on-line electrocardiographic records database and computer routines for data analysis*. En: Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 36th Annual International Conference of the IEEE, 2738-2741.
- Mozumdar, A., G. Liguori, 2011. Persistent increase of prevalence of metabolic syndrome among us adults: Nhanes iii to nhanes 1999-2006. *Diabetes care*, 34(1), 216-219.
- PAHO - Pan American Health Organization, 2012. *Crecimiento acelerado de la población adulta de 60 años y más de edad: Reto para la salud pública*.
- Quintero, L., S. Wong, R. Parra, J. Cruz, N. Antepara, D. Almeida, G. Passariello, 2007. *Stress ecg and laboratory database for the assessment of diabetic cardiovascular autonomic neuropathy*. En: Engineering in Medicine and Biology Society, 2007. EMBS 2007. 29th Annual International Conference of the IEEE, 4339-4342.
- Shaw, J.E., R.A. Sicree, P.Z. Zimmet, 2010. Global estimates of the prevalence of diabetes for 2010 and 2030. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 87(1), 4-14.
- Trigo, J.D., A. Alesanco, I. Martínez, J. García, 2012. A review on digital ecg formats and the relationships between them. *Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on*, 16(3), 432-444.
- Trigo, J.D., I. Martinez, A. Alesanco, A. Kollmann, J. Escayola, D. Hayn, J. García, 2012. An integrated healthcare information system for end-to-end standardized exchange and

- homogeneous management of digital ecg formats. *Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on*, 16(4), 518-529.
- Van Ettinger, M., J. Lipton, M. de Wijs, N. van der Putten, S. Nelwan, 2008. An open source ecg toolkit with dicom. *Computers in Cardiology*, 35, 441-444.
- Wang, H., F. Azuaje, B. Jung, N. Black, 2003. A markup language for electrocardiogram data acquisition and analysis (ecgml). *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 3(1), 4.