



DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE HARDWARE Y APLICACIÓN MÓVIL PARA DETECTAR SIGNOS VITALES

Development of a Prototype Hardware and Mobile Application to Detect Vital Signs

Autores

Ing. Roberto Cabezas¹

Ing. Danny López²

Ing. Miriam Maridueña³

Facultad de Ciencias Agrarias,
Universidad Agraria del Ecuador, Milagro, Ecuador

Contactos de Autores

rcabezas@uagraría.edu.ec, Tel. 0994557482

danlopn90@gmail.com, Tel. 0996125846

miriamesmeralda92@gmail.com, Tel. 0997455960

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Roberto Cabezas, Danny López y Miriam Maridueña (2017): "Desarrollo de un Prototipo de Hardware y Aplicación Móvil para Detectar Signos Vitales", Revista Caribeña de Ciencias Sociales (septiembre 2017). En línea:
<http://www.eumed.net/rev/caribe/2017/09/desarrollo-hardware-aplicacion.html>

b. Resumen

En el presente artículo se detalla la elaboración de un sistema que permite la detección paralela y el registro permanente de tres signos vitales de un individuo: frecuencia respiratoria, frecuencia cardíaca y temperatura corporal, haciendo uso de la Metodología de Prototipo, esta solución se encuentra esencialmente constituida de parte electrónica e informática, específicamente el primero hace referencia a un prototipo de hardware encargado de medir los parámetros antes mencionados, mientras que el segundo consiste en una aplicación móvil compatible con las diferentes versiones del Sistema Operativo Android, la cual posibilita

1. Docente Titular Universidad Agraria del Ecuador, Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones Espol, Magister en Administración y Dirección de empresas Uteg.
2. Ingeniero en Computación e Informática Universidad Agraria del Ecuador
3. Ingeniera en Computación e Informática Universidad Agraria del Ecuador

almacenar y manejar esta información. La evaluación de su efectividad fue llevada a cabo tanto por especialistas de la salud como por los futuros usuarios finales (correspondiente a una muestra de la población económicamente activa del Cantón Milagro), de esta manera se logró identificar con éxito que el sistema en cuestión ha permitido reducir el tiempo que incurre este proceso actualmente, sobretodo manteniendo una excelente precisión de los resultados.

c. Palabras claves: signos vitales, prototipo, sensores, arduino, app.

b. Abstract

this article is about the development of a system that allows the parallel detection and permanent record of three vital signs of an individual: respiratory rate, heart rate and body temperature, using the methodology Prototype, this solution is essentially consisting of electronics and computing technology, specifically the first refers to a hardware prototype responsible for measuring the aforementioned parameters, while the second is a compatible mobile application with different versions of the Android OS, which enables storing and handling this information. Evaluation of its effectiveness was carried out both by health specialists as future end users (corresponding to a sample of the economically active population of the Canton Milagro), in this way it was possible to successfully identify that the system in question it has reduced the time incurred by this process, especially while maintaining excellent accuracy of the results.

c. Keywords: vital signs, prototype, sensors, arduino, app.

d. Introducción

A lo largo de la historia la medicina siempre ha venido incentivando y concientizando que el mejor método para mantener una buena salud es la prevención, por este motivo los signos vitales juegan un papel trascendental en este aspecto, dado que estos se alteran con gran facilidad al presentarse ciertas anomalías o problemas en nuestro organismo.

No obstante si bien en el mercado actual existe una gama considerable de productos para tasar estos parámetros, los mismos no prestan la eficiencia y eficacia necesaria, puesto que simplemente se limitan a la función de mostrar la medición de un determinado signo vital. Ante esta situación especialistas de la salud y pacientes se ven obligados a registrar sus mediciones de manera manual en algún medio físico o digital generando pérdida de tiempo. Sin embargo es fundamental resaltar que este proceso genera otros inconvenientes, dado que dificulta el manejo de esta información (ej: consultar el progreso que ha tenido un individuo en un intervalo de tiempo específico) y su rápido envío a una tercera persona que se encuentre en cierta

localidad (puede tratarse de una transferencia entre el paciente y el médico o en cuyo caso entre dos profesionales de la salud).

Adicionalmente es imprescindible destacar que a pesar de la existencia de esta situación, ha habido iniciativas enfocadas a mejorar este proceso, las mismas que se han llevado a cabo en ciertas instituciones de educación superior como la Universidad Politécnica Salesiana de Cuenca y la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Estos trabajos consistían en complementar un dispositivo de medición de signos vitales con aplicaciones informáticas, no obstante seguían apareciendo problemas como disponer de una PC o laptop en todo momento para poder lograr la transferencia de la información (suscita incomodidad), adquirir dispositivos adicionales para tasar otros parámetros, e inclusive persistía el registro manual, dado que existía un sistema que solo mostraba las mediciones con ciertas advertencias de acuerdo a los parámetros normales. No está demás indicar que también hubo una iniciativa que se enfocó en captar un signo vital y enviarlo vía SMS (su inconveniente es que genera gastos adicionales al tener que adquirir un plan para el envío de mensajes).

Por estos motivos se enfocó en desarrollar un sistema con una efectividad y eficiencia mayor, siendo uno de sus elementos constituyentes un prototipo de hardware (encargado de medir las magnitudes físicas de la frecuencia respiratoria, temperatura corporal y frecuencia cardiaca) elaborado con componentes electrónicos de alta precisión y fácil uso, como por ejemplo sensores y micro-controladores. En cuanto al segundo elemento de esta nueva solución este hace referencia a una aplicación móvil para el sistema operativo Android, la cual recibirá vía inalámbrica (en este caso Bluetooth) los datos captados de los signos vitales para almacenarlos permanentemente y proporcionar alertas en caso de no estar dentro de las cifras normales establecidas por los organismos de la salud. Es indispensable indicar que también esta app permite llevar un registro diario de múltiples personas, el cual puede ser consultado a través de distintos reportes, a su vez añade la posibilidad de exportar estos resultados para transferirlos vía e-mail.

Lo importante aquí son los grandes beneficios que conlleva esto, dado que los pacientes podrán no solo disponer de un producto que les facilite este tipo de exámenes desde la comodidad de su hogar (ahorro de tiempo y dinero que implica el traslado a un dispensario o centro de salud), sino también que su médico podrá obtener esta información de forma rápida, logrando así determinar si el tratamiento establecido está dando resultados positivos o no, o si fuera necesario también realizar estudios más profundos para dictaminar de forma efectiva el problema que se encuentre padeciendo, por supuesto todo esto conlleva en acciones oportunas que garantizan el buen estado físico del individuo.

Finalmente dada la posibilidad de esta solución de ser usada por un especialista como por un paciente, se ha tomado tanto a profesionales de la salud como a la Población Económicamente Activa del Cantón Milagro para que lleven a cabo la correspondiente evaluación, logrando así identificar su nivel de efectividad, eficiencia y facilidad de uso.

e. Materiales y métodos

En lo que respecta a los materiales que se utilizó en el presente trabajo tenemos tanto herramientas informáticas como dispositivos o elementos electrónicos, a continuación damos detalle de los mismos:

Recursos de hardware

- Dispositivo móvil: Celular Smartphone con Sistema Operativo Android, utilizado en las fases de desarrollo y prueba.
- Tarjeta programable Arduino Uno R3: Micro-controlador programable constituido de pines analógicos (manejan las magnitudes físicas captadas en un intervalo de 0 a 1024) y digitales (interpreta 5v y 0v como estado lógico alto y bajo respectivamente), capaz de funcionar con una fuente de alimentación de 7v y 12v de corriente continua.
- Sensor Ds18b20: Elemento usado para la captación de la temperatura corporal, a diferencia del resto tiene una gran precisión, soporta mediciones desde -55°C hasta 125°C y trabaja con una alimentación de 3V a 5.5V, compatible con las tarjetas de la familia Arduino.
- Sensor Amped: Componente usado para la tasación de la frecuencia cardiaca, usa una luz infrarroja y fotodiodo que detecta la variación de la misma al paso de cada pulso arterial.
- Sensor KY-38: Elemento para la detección de sonido, dispone en su electrónica un componente regulable que establece un umbral, el mismo que al ser traspasado envía un estado alto por su pin digital, de esta manera se logró la detección de la inhalación y exhalación que produce una persona al llevar el proceso de la respiración.
- Módulo bluetooth HC-06: Componente utilizado para enviar las mediciones de los signos vitales a la aplicación móvil (permite transmitir los datos hasta una distancia de 10m).
- Cables para protoboard tipos hembra-macho y macho-macho: Facilitaron de forma rápida y segura la interconexión de los elementos electrónicos.
- Cables UTP: Cables de aproximadamente 1m de longitud, constituyen los canales entre los sensores y la Placa Arduino UNO.
- Resistencias: Usadas en la conexión de Leds, Pulsadores y Sensores.
- Fuente de alimentación: Batería de 9v para la alimentación eficaz del prototipo de hardware.
- Estaño para soldar: Aleación utilizada para la interconexión de los cables UTP con los respectivos sensores.

- Caja plástica electrónica: Carcasa para el soporte de la electrónica del prototipo de hardware.
- Pulsadores NA cuadrados: Botones del prototipo de hardware para las acciones de reinicio y medición de los signos vitales.
- Leds: Tres diodos indicadores usados para alertar a los usuarios sobre la activación/desactivación de las funciones que dispone el prototipo de hardware: reiniciar, medir y apagado/encendido.
- Switch interruptor: Componente utilizado para el apagado o encendido del prototipo de hardware.
- Tubos termoretráctil: Recubierta plástica para la protección de los cables UTP.
- Protoboard pequeño: Posibilitó el montaje rápido de los diferentes elementos electrónicos.
- Mascarilla: Este componente permitió mantener el sensor ky-38 en una posición adecuada para la efectiva medición de la frecuencia respiratoria.

Recursos de software

- Fritzing Versión 0.8.7: Programa utilizado para documentar la interconexión de toda la electrónica que compone el prototipo de hardware.
- Arduino 1.6.8: IDE que se utilizó para desarrollar el programa principal de la Tarjeta Arduino Uno (su programación es similar a C++).
- App Inventor 2: Esta plataforma de desarrollo web se utilizó para la elaboración de la aplicación móvil, su particularidad es que brinda a los usuarios de un entorno de programación por bloques, los mismos que representan estructuras de decisión, estructura de repetición, procedimientos y métodos.
- TinyDB: Componente que incluye App Inventor para el almacenamiento permanente de datos.
- Adobe Photoshop CS6: Editor gráfico que se empleó para producir figuras y letras usadas tanto en la app como el prototipo de hardware.

En tanto el procedimiento empleado para el desarrollo de esta nueva solución fue el método de Prototipo, a continuación brindamos un resumen general de lo realizado:

Análisis

- Se investigó sobre los componentes electrónicos más idóneos para el presente sistema tomando como base su fácil acceso y nivel de eficacia.
- Se determinó aquella plataforma de desarrollo informática que prestara una gran compatibilidad con la electrónica empleada, dando como resultado la elección de App Inventor.

Diseño

- Se documentó todo lo referente a la base de datos que iba a manejar la app, dando como consecuencia el modelo de entidad-relación y el diccionario de datos.
- Se esquemático la estructura que tendría el prototipo de hardware encargado de captar los signos vitales una vez finalizado.
- Se hizo un registro detallado sobre la forma de conexión de los sensores ds18b20, Amped y ky-038 utilizados para la tasación de la temperatura corporal, frecuencia cardíaca y frecuencia respiratoria respectivamente.

Desarrollo

- Como primera tarea se desarrolló la BD y la GUI (Interfaz Gráfica de Usuario) de la app (Registrar Persona, Registrar Medición y Reportes de Mediciones).
- Se estableció el código fuente en los distintos componentes que la app.
- Se desarrolló y cargó el programa principal en la Tarjeta Arduino Uno.
- Por último se interconectó los elementos electrónicos y se los ensambló a la respectiva carcasa.

Prueba

- Para tener constancia de su nivel de aceptación y eficacia se llevó a cabo entrevistas y encuestas a especialistas de la salud y a una muestra de la Población Económicamente Activa del Cantón Milagro, respectivamente.

Documentación

- Tanto para los futuros desarrolladores como para los usuarios finales de este nuevo sistema se elaboró su correspondiente documentación de apoyo: manual técnico y manual de usuario.

f. Resultados

En este apartado detallamos los resultados obtenidos de la encuesta realizada a la población Económicamente Activa del Cantón Milagro:

La Tabla 1 refleja el respectivo porcentaje de personas que percibieron un nivel de complejidad Bajo, Medio o Alto al manejar el Sistema de Detección de Signos Vitales.

Tabla 1. RESULTADOS DE LA ENCUESTA: COMPLEJIDAD DE USO DEL SISTEMA DE DETECCIÓN DE SIGNOS VITALES

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje
Bajo	86	73
Medio	31	26
Alto	1	1
Total	118	100

Fuente:

Autor: López y Maridueña, 2016

Los resultados mostrados en la Tabla 1 demuestran firmemente el cumplimiento del factor de calidad de la Usabilidad, puesto que más de la mitad de los encuestados (73%) indicaron que no tuvieron dificultad al usar la app y el prototipo de hardware. No obstante el resto de personas pueden superar brevemente este impedimento leyendo el manual de usuario.

La Tabla 2 muestra cómo calificaron los encuestados a la Interfaz Gráfica de Usuario de la aplicación móvil.

Tabla 2. RESULTADOS DE LA ENCUESTA: APARIENCIA DE LA INTERFAZ GRÁFICA

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje
Mala	0	0
Regular	2	2
Buena	104	88
Excelente	12	10
Total	118	100

Fuente:

Autor: López y Maridueña, 2016

Los datos finales que refleja la Tabla 2 son sumamente satisfactorios, dado que casi la totalidad de las personas (98%) manifestaron una aceptación buena y excelente hacia la GUI de la app, alcanzando así de manera exitosa un entorno amigable y sencillo de manejar.

La Tabla 3 resume cómo definieron las personas el tiempo de respuesta que mantiene la app al ejecutar sus funciones.

Tabla 3. RESULTADOS DE LA ENCUESTA: RENDIMIENTO DE LA APLICACIÓN MÓVIL

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje
Lento	0	0
Algo Lento	0	0
Normal	29	25
Rápido	83	70
Muy Rápido	6	5
Total	118	100

Fuente:

Autor: López y Maridueña, 2016

Los valores presentados en la tabla 3 corroboran un excelente rendimiento de la app, debido a que ninguno de los encuestados padeció algún momento de ralentización, es más el 75% de ellos calificaron a este factor como rápido y muy rápido. De esta manera se asegura que en un futuro los usuarios finales no padecerán problemas en cuestión de tiempo.

La Tabla 4 detalla cómo experimentaron los encuestados el nivel de comodidad que prestan los sensores de frecuencia respiratoria, frecuencia cardíaca y temperatura corporal del prototipo de hardware.

Tabla 4. RESULTADOS DE LA ENCUESTA: COMODIDAD AL UTILIZAR LOS SENSORES DEL PROTOTIPO DE HARDWARE

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje
Muy incómodo	2	2
Algo incómodo	30	25
Normal	86	73
Muy cómodo	0	0
Total	118	100

Fuente:

Autor: López y Maridueña, 2016

Si bien los resultados indicados en la Tabla 4 manifiestan que un porcentaje de encuestados tuvieron algo o mucha incomodidad, la gran mayoría calificó este factor como normal, lo cual es destacable puesto que a pesar de ser un prototipo su nivel de comodidad se corresponde con el que presentan los dispositivos empleados actualmente.

En cuanto a las entrevistas realizadas a los profesionales del área médica, indicamos los siguientes resultados:

- Los entrevistados manifestaron en su totalidad que este nuevo sistema de detección de signos vitales logra superar la eficiencia y facilidad que prestan los dispositivos empleados en su ámbito laboral.
- La efectividad de esta nueva solución ha sido buena, puesto que los profesionales de la salud han destacado una aceptable presión al captar los datos de los signos vitales comparándose con los productos de hoy en día.
- La información presentada en los reportes llenaron las expectativas de los entrevistados, destacando los filtros y el formato de exportación .csv, el mismo que les ayuda a trabajar aún más estos datos desde la herramienta de Microsoft Excel.
- Los especialistas de la salud no indicaron cambios a realizar en la app, no obstante sugirieron que el prototipo de hardware tenga un tamaño más pequeño y la mascarilla de la frecuencia respiratoria también pueda acoplarse a niños. Sin embargo es importante destacar que esta solución ha sido enfocada para un público adulto.
- Finalmente los entrevistados estuvieron muy interesados en adquirir este nuevo sistema de detección de signos vitales para su uso personal, puesto que les ayudaría en gran medida a elevar su productividad, a su vez sí lo recomendarían para que sus pacientes lo empleen desde la comodidad de sus hogares, dado que principalmente esto les permitirá llevar un control permanente de la salud de los mismos.

g. Conclusiones

- El nuevo sistema de detección de signos vitales desarrollado permitió reducir satisfactoriamente el tiempo y esfuerzo que actualmente implica el uso de dispositivos y métodos tradicionales.
- Se consiguió establecer las características adecuadas para este nuevo sistema, logrando así una rápida y fácil adaptación de los sensores para sus correspondientes lecturas.
- El diseño empleado para la consecución tanto del prototipo de hardware como de la aplicación móvil se documentó exitosamente y con una gran precisión de tal manera que pueda servir de apoyo en trabajos futuros.
- En definitiva tanto la app como el prototipo de hardware evidenciaron un funcionamiento efectivo en el transcurso de todas las mediciones efectuadas.

h. Referencias

- Aguilar, L., Moreira, L., & Ponguillo, R. (2016). Red de Sensores usando Plataforma NIOS II. *Escuela Superior Politécnica del Litoral*, 1-7.
- Caicedo, A. (2014). *Arduino para principiantes*. Madrid, España: IT Campus Academy.
- Castrillón, M., Domínguez, A., Candela, S., Doreste, L., Freire, D., Salgado, A., y otros. (2011). *Fundamentos de Informática y Programación para Ingeniería*. Madrid, España: Ediciones Paraninfo.
- Charles, A., & Matthew, S. (2006). *Fundamentos de Circuitos Eléctricos*. México, México: McGraw-Hill.
- Cobo, D., & Daza, P. (2011). Signos Vitales en Pediatría. *Gastrohnp*, S58-S70.
- Cortés, R. (1998). *Introducción Al Análisis de Sistemas Y la Ingeniería de Software*. San José, Costa Rica: EUNED.
- Cuello, J., & Vittone, J. (2013). *Diseñando apps para móviles*. Barcelona, España: XcUiDi.
- Daza, J. (2007). *Evaluación clínico-funcional del movimiento corporal humano*. Bogotá, Colombia: Panamericana.
- Díaz, J. (2015). Open hardware y software, herramientas para el desarrollo de competencias educativas. *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa*, 1-19.
- Durán, C., & Castro, R. (2012). Comunicación inalámbrica basada en tecnología Bluetooth para la automatización de procesos industriales. *El Hombre y la Máquina No.39*, 26-32.
- Enríquez, R. (2009). *Guía de Usuario de Arduino*. Córdoba, España: Creative Commons.
- Escalera, A. (2016). Programación móvil Android con App Inventor en Educación Secundaria. *Journal Boliviano de Ciencias*, 19-24.
- Ferreira, B., Lombardero, O., Fernández, M., & Barrios, W. (2014). *Mobile y Cloud: Plataforma de desarrollo Android, experiencia de aprendizaje en Robótica*. Corrientes, Argentina: UNNE.
- García, P., Hidalgo, M., Loza, J., & Muñoz, J. (2013). *Prácticas con Arduino*. Albacete, España: Edubásica.
- Goilav, N., & Loi, G. (2016). *Arduino: Aprender a desarrollar para crear objetos inteligentes*. Barcelona, España: Ediciones ENI.
- González, R. (2010). *Guía de Prácticas Clínicas: Fundamentos de Enfermería*. Cádiz, España: UCA.
- Lee, J. (2003). *Guía De Técnicas Para Asistentes De Enfermería*. Nuevo México, México: Hartman Publishing.
- Linares, R., Quijano, J., & Holguín, G. (2004). Implementación del Protocolo Bluetooth para la Conexión Inalámbrica de Dispositivos Electrónicos Programables. *Scientia et Technica (No.24)*, 31-36.
- López, D., & Maridueña, M. (2016). *Desarrollo de un Prototipo de Hardware y Aplicación Móvil para la Toma de Signos Vitales (tesis de grado)*. Milagro, Ecuador: Universidad Agraria del Ecuador.
- Malave, K., & Beauperthuy, J. (2011). "Android" El Sistema Operativo de Google para Dispositivos Móviles. *Revista Científica Electrónica Ciencias Gerenciales*, 79-96.

- Mitchell, E. (2015). *App Inventor 2: Databases and Files*. Spokane, EEUU: Pevest.
- Parra, J., & Mayor, W. (2011). *Monitor de Signos Vitales Portátil (tesis de grado)*. Cali, Colombia: Universidad San Buenaventura Cali.
- Prat, L. (1999). *Circuitos y Dispositivos Electrónicos: Fundamentos de Electrónica*. Barcelona, España: Ediciones UPC.
- Pressman, R. (2005). *Ingeniería del Software Séptima Edición*. Madrid: McGrawHill.
- Santiago, R., Trinaldo, S., Kamijo, M., & Fernández, Á. (2015). *Mobile Learning: Nuevas realidades en el aula*. Barcelona, España: Oceano.
- Serna, A., Ros, F., & Rico, J. (2010). *Guía Práctica de Sensores*. Creaciones Copyright: Madrid, España.
- Torrente, O. (2013). *Arduino Curso Práctico de Formación*. Madrid, España: AlfaOmega.
- Urgilés, E., & Colcha, D. (2015). *Diseño e implementación de un sistema de comunicación Omron - Celular para medir la presión arterial (tesis de grado)*. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Villegas, J., Villegas, O., & Villegas, V. (2012). Semiología de los Signos Vitales: Una mirada novedosa a un problema vigente. *Archivos de Medicina*, 221-240.
- Wolber, D., Abelson, H., Spertus, E., & Looney, L. (2015). *App Inventor 2: Create Your Own Android Apps*. Sebastopol, Rusia: O'Reilly.
- Yarnold, S. (2015). *Arduino*. Leamington Spa Warwickshire, Inglaterra: In Easy Steps.
- Zabala, G. (2007). *Robótica: Guía Teórica y Práctica*. México, México: Megapunto.