

## Medidor de ritmo cardiaco de bajo costo basado en Arduino

CANO-CONTRERAS, Martín\*†, ANDRADE-CEBALLOS, G., VARGAS-CANO, P. y VILLANUEVA-PÉREZ, N.

*Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato*

Recibido 29 de Septiembre, 2017; Aceptado 6 de Noviembre, 2017

### Resumen

En el presente trabajo se presenta la construcción de un sistema de monitoreo de la frecuencia cardiaca implementado en la plataforma Arduino, con el fin de realizar mediciones de frecuencia, guardando el historial y que éste sirva de ayuda al doctor tratante. Las mediciones se llevan a cabo a través de componentes basados en Arduino, por método no invasivo sobre el dedo o lóbulo del paciente, recogiendo los datos vía cable a tarjeta de Arduino y cuya lectura se obtiene mediante programación y enviada a una pantalla touch. Comparado con los productos comerciales, cuyo costo está por arriba de los \$4500.00, se ofrece una alternativa por abajo de los \$1600.00 para realizar medidas de ritmo cardiaco. Todas las instrucciones para el usuario son dadas en la pantalla touch de fácil interacción con el sistema.

**Ritmo cardiaco, Arduino, Sensores, Luz**

### Abstract

In the present work we present the construction of a heart rate monitoring system implemented in the Arduino platform, in order to make frequency measurements, saving the history and that this helps the treating doctor. The measurements are carried out through Arduino-based components, by non-invasive method on the finger or lobe of the patient, collecting data via cable to Arduino card and whose reading is obtained by programming and sent to a touch screen. Compared with commercial products, whose cost is above \$ 4500.00, an alternative is offered below \$ 1600.00 to perform heart rate measurements. All instructions for the user are given on the touch screen for easy interaction with the system.

**Heart rhythm, Arduino, Sensors, Light**

**Citación:** CANO-CONTRERAS, Martín, ANDRADE-CEBALLOS, G., VARGAS-CANO, P. y VILLANUEVA-PÉREZ, N. Medidor de ritmo cardiaco de bajo costo basado en Arduino. Revista de Tecnologías en Procesos Industriales. 2017, 1-1: 21-25

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: mcano\_cco@utsoe.edu.mx)

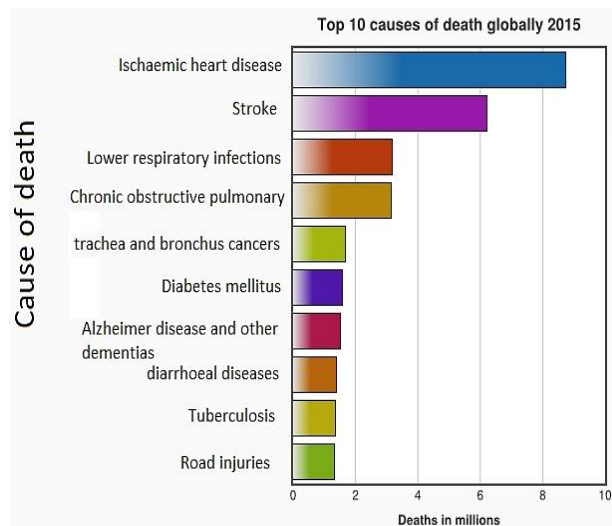
† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

El estilo de vida y hábitos alimenticios poco saludables actuales en la población, aunados a la poca actividad física (David S. Freedman, 2015), han originado un aumento significativo en los problemas generados por enfermedades cardiacas y vasculares (Health, 2017) (Figura 1)

La miniaturización de componentes electrónicos ha propiciado que sea la misma población quien lleve a cabo las propias mediciones corporales, como la temperatura, glucosa presión arterial, presión cardiaca, etc., con el objetivo de que cada uno de ellos valore la respuesta de tales parámetros fisiológicos, por ejemplo, cuando realiza ejercicio o ingiere fármacos, así como en respuesta a estímulos emotivos, ya que también tienen profundos efectos en la frecuencia cardiaca. (Robert E. Kleiger, 2005).

En este trabajo se exponen los elementos usados para la construcción del sistema de medición y un somero análisis de datos, así como la interfaz para el usuario.



**Figura 1.** Causas principales de muerte más frecuentes en el mundo.

Fuente: Health, 2017

Puesto que el corazón es quien mueve la sangre en el sistema circulatorio, es conveniente tener en cuenta que este órgano muscular está compuesto por cuatro cavidades, denominadas Aurícula Izquierda, (AuI) y aurícula derecha (AuD), así como dos ventrículos, derecho, (VeI) e izquierdo (VeI).

El proceso de la oxigenación de la sangre es, básicamente como sigue: La aurícula derecha recibe la sangre contaminada que vuelve al corazón de todo el cuerpo. Esta sangre pasa a través del ventrículo derecho para ser bombeada a los pulmones, donde se lleva a cabo el proceso de oxigenación, para luego retornar al corazón a través de la aurícula izquierda, la cual envía la sangre al ventrículo izquierdo, encargada de bombear la sangre limpia por las arterias hacia todo el cuerpo (Calderón, 2007).

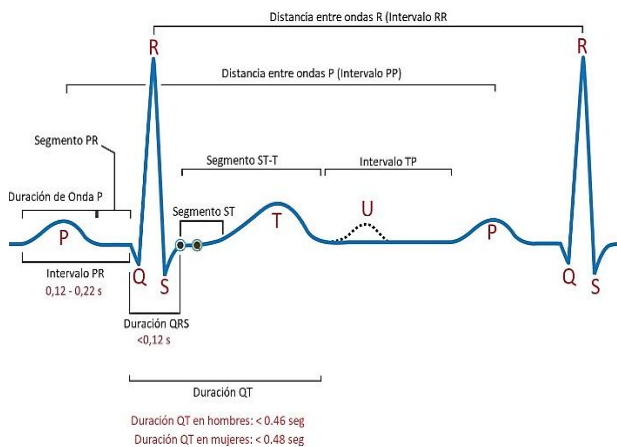
Este proceso de bombear la sangre es conocido como ritmo cardiaco, el cual se define como el número de latidos por minuto (beats per minute, bpm) y que en condiciones normales de reposo en el ser humano, oscila en promedio entre 70 a 75 bpm.

El ritmo cardiaco es modificado de acuerdo a la demanda de oxigenación del cuerpo, lo cual conlleva a la vez, la expulsión de dióxido de carbono. Estos cambios son notorios al comparar el ritmo cardiaco cuando una persona se somete a esfuerzo físico o durante el sueño. Mediante un electrocardiograma (ECG), se puede representar de manera gráfica tales cambios.

Un latido del corazón produce una desviación diferente en el ECG. Estas deflexiones se registran como una serie de ondas positivas y negativas. En un ECG normal, típicamente hay hasta cinco formas de onda visibles conocidas por las siglas P, Q, R, S y T.

Estas ondas tienen siempre el mismo orden cuando se representan en un electrocardiograma (Figura 2).

Estas variaciones en intensidad de las deflexiones pueden detectarse mediante dispositivos relativamente simples y de bajo costo, como lo es la plataforma Arduino y con pocos elementos complementarios como resistores, leds, capacitores y módulos tales como el KY-039.



**Figura 2.** Ciclo del ritmo cardíaco de acuerdo a la clasificación de ondas P-Q-R-S-T.

*Fuente: Obtenido y modificado de (ECG, 2017)*

Aunque existen en el mercado algunas opciones implementadas para realizar la medición de ritmo cardíaco, tales como MC9RS08KA4, que es un micro-controlador de 8 bits y el MSP434 (Hassan, 2011), ambos con un costo aproximado de \$50.00 cada uno, carecen de cierta compatibilidad con varios sensores posibles a usar en la medición del ritmo cardíaco.

Usando Arduino con el micro controlador ATmega2560 se puede garantizar la compatibilidad de los módulos complementarios así como tener más opciones de mejora en tal dispositivo.

## Objetivo.

Proporcionar un sistema de medición de ritmo cardíaco basado en la plataforma Arduino y una interfaz de usuario para la observación directa de los valores obtenidos a través de una pantalla tipo touch con elementos de bajo costo.

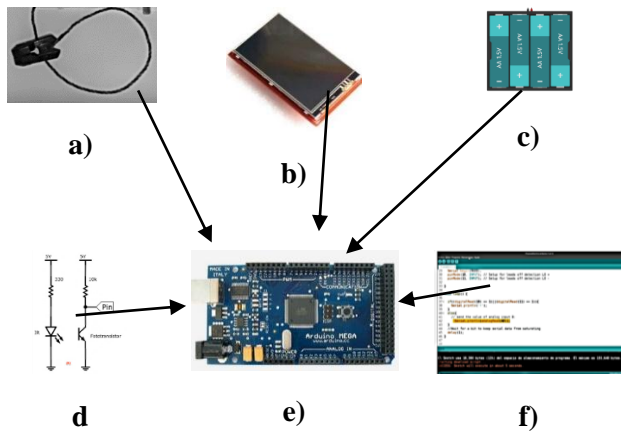
## Metodología Experimental.

Tomando como base que es el propio usuario quien usará el dispositivo, la tarjeta empleada es un Arduino Uno Mega basado en el micro-controlador ATmega1280 con una memoria de 128kB, el cual es totalmente compatible con la pantalla touch de 3.5 pulgadas y con una resolución de 480×320 pixeles.

La alimentación al sistema es por medio de uno de dos mecanismos: por 4 baterías en serie doble A o a través de su fuente de alimentación a 127 Vac. En la simulación se usa una fuente de alimentación por 4 baterías. Los componentes del sensor son un led en infra-rojo y un led en el rojo visible, con dos foto-resistores así como un sensor comercial KY-039 (Figura 3a y 3b).

El sensor se simula usando dos tipos de led. Un led en el rango de luz visible (led rojo de luz concentrada) y otro led en el rango de infra-rojo, con el objetivo de realizar la lectura con ambos leds y posteriormente obtener el promedio de lecturas de ambos.

El fototransistor se conecta a un pin analógico para poder leer su variación. En el primer paso, la señal obtenida se somete a un filtro pasa-bajas y a un filtro para pasa-altas con el fin de reducir la influencia del llamado ruido muscular así como la interferencia de la onda T y posibles fluctuaciones generadas por la fuente de alimentación (Dhanjoo, 2016).



**Figura 3.** Componentes principales del sistema de Medidor de pulso cardiaco. a) Sensor. b) Pantalla touch. c) Fuente de alimentación. d) Arreglo del sensor infrarrojo. e) Placa de Arduino Mega y f) Código parcial implementado.

De las etapas P-Q-R-S-T del ciclo cardiaco definidas en la figura 2, el sistema propuesto mide las etapas Q-R-S, conocido como Complejo QRS, dado que en esta parte del ciclo es la contracción de los ventrículos, lo que se manifiesta en un flujo de sangre con mayor fuerza y por lo tanto, más facil de detectar.

Esta señal es graficada en la pantalla touch. (MedTEQ, 2017), (Casillas C. , 2010). El precio de los elementos del sistema se presentan en la Tabla 1, y el precio total oscila en los \$1660.00, pesos mexicanos.

Elemento	Costo (\$)
Tarjeta Arduino Mega	\$380.00
Pantalla Touch	\$380.00
Porta-Pila	\$40.00
Sensores	\$60.00
Otros (cables, resistencias, carcaza, ganancia)	\$800.00
<b>TOTAL</b>	<b>\$1660.00</b>

**Tabla 1.** Lista de elementos y costo de cada uno para el sensor de ritmo cardiaco.

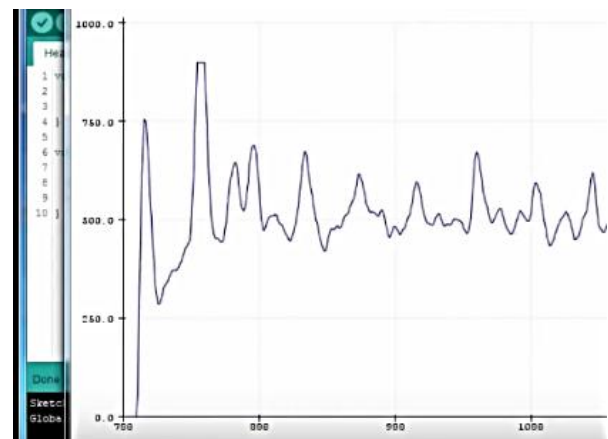
**Resultados**

La simulación de la propuesta es mediante el programa Fritzing versión 0.9.3b. La figura 4 se obtuvo al medir la respuesta del sensor sin aplicar señal alguna para simular el circuito abierto, obteniendo solo señal de ruido.

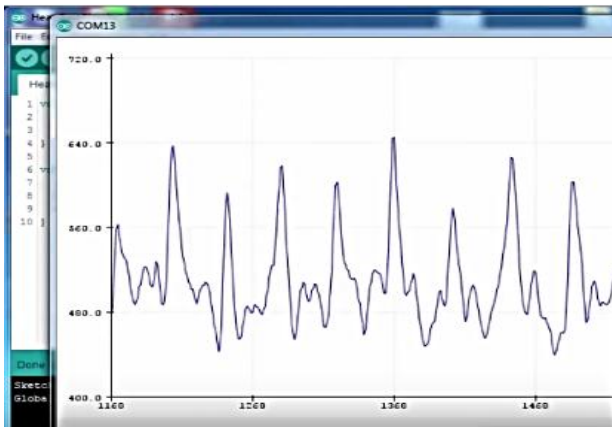
Una vez que se coloca el sensor en el dedo lo que se simula aplicando la señal, el sistema responde de acuerdo a la figura 5.

**Conclusiones.**

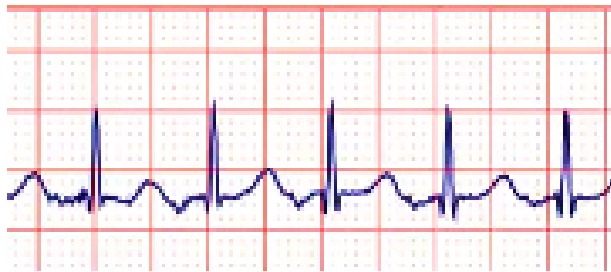
Se ha mostrado la simulación de un dispositivo sensor de ritmo cardiaco de bajo costo como una opción para usuarios potenciales de manera que puedan tener lecturas de su ritmo cardiaco y con esto observar alteraciones en el mismo, de manera que puedan recibir tratamiento oportuno y evitar una atención tardía.



**Figura 4.** Simulación del sistema obteniendo datos antes y después de realizar el calibrado de sensor. La gráfica representa el ciclo QRS.



**Figura 5.** Lectura obtenida con el sensor calibrado, representando el ciclo QRS.



**Figura 6.** ECG de paciente con arritmia tomada con electrocardiógrafo Schiller Cardiovit AT-1

## Referencias

Calderón, M. F. (2007). *Fisiología aplicada al deporte*. Madrid: Tébar, S. L.

Casillas, C. (2010). *Heart Rate Monitor and Electrocardiograph Fundamentals*. Freescale Semiconductor, 1-21.

David S. Freedman, W. H. (2015). *The Relation of Overweight to Cardiovascular Risk Factors Among Children and Adolescents: The Bogalusa Heart Study*. *Pediatrics*, 18-34.

Dhanjoo, N. G. (2016). *Cardiology Science and Technology*. Boca de Rio: CRC Press. Taylor & Francis Group.

ECG, C. (2017, Octubre 17). *Clinical ECG Interpretation*. Retrieved from <https://ecgwaves.com/ecg-normal-p-wave-qrs-complex-st-segment-t-wave-j-point/>

Hassan, M. E. (2011). *EKG-Based Heart-Rate Monitor Implementation on the LaunchPad Using MSP430G2xx*. Application Report, Texas Instruments, 486-498.

Health, O. W. (2017, Octubre 18). Retrieved from <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs310/en/>

MedTEQ. (2017, Octubre 18). *ECG Filters*. Retrieved from MedTeq <http://www.medteq.info/med/ECGFilters>

Robert E. Kleiger, P. K. (2005). *Heart Rate Variability: Measurement and Clinical Utility*. *Annals of Noninvasive Electrocardiology*, 88-101.