

# Test de cocaína a partir de ritmo cardíaco y temperatura corporal

A. N. Quiroga Baigorri,\* M. S. Moyano, G. Quintero, and P. Y. Teruya

*Instituto de Bioingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad de Mendoza, Boulogne Sur Mer 683, Mendoza*

E-mail: a.quiroga@um.edu.ar

## Resumen

En Argentina según un estudio de la Secretaría de Políticas Integrales sobre Drogas de la Nación Argentina (Sedronar), el 5,3% de la población entre 12 y 65 años consumió cocaína alguna vez en su vida, 1,5% declaró consumo de cocaína en el último año y 0.7% son consumidores habituales lo que representa que dos millones de personas admitieron consumir alguna vez en su vida, seiscientos mil en el último año y trescientas mil son consumidoras recurrentes. Ya que la misma produce una estimulación del sistema nervioso simpático es de suma importancia detectar cuando una persona se encuentra bajos los efectos de la droga con el fin de que no realice actividades que demanden el funcionamiento óptimo de todos sus sistemas.

Entre los parámetros que altera el consumo de cocaína se encuentran la temperatura corporal y la frecuencia cardíaca, aumentando los valores normales registrados para una persona que se halla en reposo y saludable. Basándonos en los parámetros mencionados, el presente trabajo busca diseñar un dispositivo capaz de medir el pulso y temperatura corporal del sujeto de estudio, con el fin de constatar si el individuo posee signos vitales con características similares a los de una persona que se encuentra bajo los efectos de la droga.

La frecuencia cardíaca se registrará a través de un sensor infrarrojo, compuesto por un diodo emisor de luz infrarroja y un fototransistor

receptor de estas ondas electromagnéticas. El sensor se coloca en el dedo pulgar y es capaz de medir los cambios de volumen de sangre en las arterias debido a la mayor reflexión de luz. La temperatura corporal se evaluará mediante un sensor de temperatura analógico, colocado en la axila del sujeto. A partir de la comparación de los valores obtenidos se entregará un resultado.

## Introducción

La cocaína copia los efectos del sistema nervioso simpático, se inician todas las respuestas orgánicas asociadas a la reacción de lucha o huida: aumentan la tensión arterial y el ritmo cardíaco, contraen los vasos sanguíneos, dilatan los bronquiólos de los pulmones, aumentan el azúcar en la sangre, aumenta la temperatura corporal y, en general, preparan al cuerpo para una emergencia.<sup>1</sup>

En este trabajo solo se hará enfoque a las modificaciones neurológicas que tienen relación con la frecuencia cardíaca y la temperatura corporal.

La frecuencia cardíaca se registrará a través de un sensor infrarrojo, compuesto por un diodo emisor de luz infrarroja y un fototransistor receptor de estas ondas electromagnéticas. El sensor se coloca en el dedo pulgar y es capaz de medir los cambios de volumen de sangre en las arterias debido a la mayor reflexión de luz. La temperatura corporal se evaluará mediante un sensor de temperatura analógico, colocado en la axila del sujeto. A partir de la comparación de

los valores obtenidos se entregará un resultado.

## Herramientas y Métodos

### Hardware

La metodología para la adquisición tanto de la señal de temperatura proveniente del sensor LM35 y de la señal de pulso procedente de el sensor de pulso consiste de las etapas detalladas en la Figura 1.

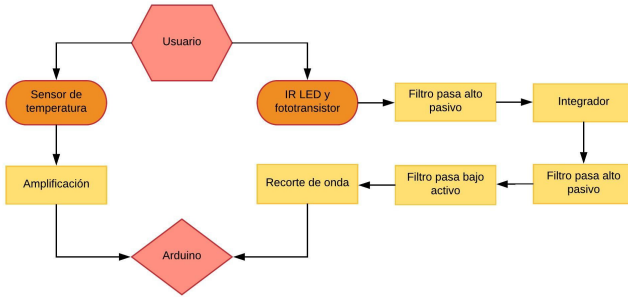


Figura 1: Diagrama de bloques que especifica las etapas necesarias para la obtención de las señales.

### Sensor de temperatura

Se utilizó un circuito integrado LM35 con una tensión de salida lineal proporcional a la temperatura centígrada. El sensor entrega en la salida un voltaje equivalente de:

$$V_{out} = 0mV + 10.0mV/^{\circ}C \quad (1)$$

### Amplificación

Se acopló a la salida del integrado un amplificador de señal con ganancia de 8 para aprovechar la resolución del convertidor analógico/digital de Arduino.<sup>2,3</sup>

En la Tabla 1 se denota el rango de temperatura que logra sensor el dispositivo, junto con las tensiones que se obtendrán a la salida del sensor y luego de que la señal sea amplificada.

Tabla 1: Voltajes

Temperatura	Vout LM35	Vout Amp.
4°C	40mV	0.32V
35°C	350mV	2.8V
40°C	400mV	3.2V
62.5°C	625mV	5V

### Sensor de pulso

El pulsómetro se basa en un sensor infrarrojo, compuesto por un diodo emisor de luz infrarroja (IR LED) y un fototransistor receptor de estas ondas electromagnéticas. Las etapas de acondicionamiento de la señal son:

### IR LED y fototransistor

Se utilizó un IR LED L53 el cual tiene una corriente máxima de alimentación de 50mA. En tanto el fototransistor se colocó en una configuración emisor común con una corriente mínima de alimentación de 0.1mA.

### Filtro pasa alto pasivo

Se acopló un filtro pasa alto pasivo con la finalidad de amortiguar el ruido que posee frecuencias hasta 2.34Hz. Esta etapa tiene también la función de desacoplar la componente continua de la corriente gracias a la utilización de un capacitor en serie con la salida del fototransistor.

Un filtro con las mismas características se adjunta a la salida del amplificador operacional integrador no inversor.

### Amplificador operacional integrador no inversor

Se acopla a la salida del filtro pasa alto pasivo un amplificador operacional integrador no inversor, debido a este tratamiento se consigue una señal más nítida y estable. Teniendo en cuenta la señal de entrada se decidió colocar una resistencia de 8.2KΩ y un capacitor de 0.1μF en la disposición característica de este operacional.

## Filtro pasa bajo activo

Luego se acopló un filtro pasa bajo activo con la finalidad de amortiguar las frecuencias mayores a 3.39Hz. La ganancia de este filtro es de 471.

## Recorte de onda

La señal a la salida del filtro pasa bajo activo posee picos que superan el rango de voltajes de la entrada analógica de Arduino, debido a esto se realiza un recorte de onda mediante un transistor NPN 2N3904 dispuesto en una configuración colector común.

Esta configuración proporciona una función de adaptador de impedancia debido a la alta impedancia de entrada y su baja impedancia de salida.

## Software

El paso siguiente consiste en la programación del microcontrolador de la placa Arduino usando *Arduino Programming Language* y el *Arduino Development Environment*, basados en *Wiring* y *Processing* respectivamente. Esta programación se realiza con el fin de llevar a cabo una correcta conversión analógico/digital de ambas señales. Cabe destacar que debido a la incapacidad de Arduino de realizar varios procesos simultáneamente y la practicidad de realizar la interfaz gráfica se utilizó *Python 3.7*.

El diagrama de flujo de la etapa digital se muestra en la Figura 2.

## Arduino

### Temperatura corporal

La señal luego de ser procesada analógicamente llega a la entrada A5 de Arduino. El sensor LM35 entrega un voltaje de 10mV por grado centígrado y luego de una amplificación con ganancia 8 el circuito entregara 80mV por grado centígrado. Teniendo en cuenta esto la ecuación para la conversión es la siguiente:



Figura 2: Diagrama de flujo. Las figuras en color verde corresponden etapas realizadas en Arduino mientras que las celestes en adelante corresponden a etapas en Python 3.7

$$temperatura = ((Vin \times 5 \div 1024) \div 0.08) \quad (2)$$

### Frecuencia cardíaca

La señal luego de ser procesada analógicamente y que llega a la entrada A0 de Arduino es la siguiente:



Figura 3: Señal luego del procesamiento analógico.

Si bien es bastante definida se debe realizar una umbralización para que sea completamente cuadrada. Para realizar esta tarea se utilizó la librería *Threshold*.

Luego de este tratamiento se prosiguió a la derivación de la señal para poder detectar el flanco ascendente de la señal. Para esto se realizó el límite del cociente incremental.

Después se calculó el tiempo entre impulso e impulso de la señal derivada y este es el valor

de la frecuencia cardíaca instantánea. En este punto se realizó un filtro para eliminar valores de frecuencia cardíaca que estén por debajo de 50 y por encima de 200 debido a que son mediciones erróneas.

Para finalizar se le realizó otro filtro con el fin de eliminar valores erróneos que no eliminara el filtro anterior. El filtro se logró mediante la determinación de una mediana móvil de la frecuencia con una “ventana” de 5 valores. Para ello se utilizó la librería *MedianFilter*.

### Python 3.7

Los valores de frecuencia cardíaca y temperatura corporal se “levantan” en *Python 3.7* a través del puerto serie COM3 mediante el módulo *serial*.

El primer proceso que se realiza es el de esperar 4 minutos para empezar a almacenar los valores procedentes de Arduino. Esta espera se realiza debido a que, el sensor de temperatura tarda como mínimo 4 minutos para estabilizar su medición. A partir de transcurrido este lapso el programa empieza a “levantar” tanto valores de frecuencia cardíaca como de temperatura corporal.

Luego de obtener 11 valores el programa los almacena en variables separadas con atributos de lista y calcula la mediana de estos por medio del módulo *numpy* y su función *median*. Esto actúa como un filtro con la finalidad de evitar guardar valores erróneos.

Una vez que se tienen las magnitudes de frecuencia cardíaca y temperatura corporal del sujeto se prosigue, mediante estructuras condicionantes *if*, *elif* y *else*, a evaluar si los valores de los parámetros corresponden a una persona que se encuentra bajos los efectos de la cocaína. Los valores umbrales utilizados son para la frecuencia cardíaca: 110 pulsaciones por minuto y la temperatura corporal: 38°C. Basándose en esto el test devuelve resultados como los que se aprecian en la Figura 2 en recuadros rojos.

Para realizar el proceso de exhibición de resultados, mediante interfaz gráfica, como el de almacenamiento de las variables y su respectivo tratamiento se utilizó el módulo *threading*.

### Interfaz gráfica

La interfaz gráfica se produjo por medio del módulo *wx* y consta de una ventana con los siguientes mensajes:

- Como se observa en la Figura 4, la ventana inicial posee el mensaje “*Coloque el termómetro y el dedo pulgar. Luego seleccione comenzar.*”. Además contiene un temporizador de 5 minutos el cual se inicia al hacer clic en el botón “*Comenzar*” que se encuentra en el extremo inferior derecho.

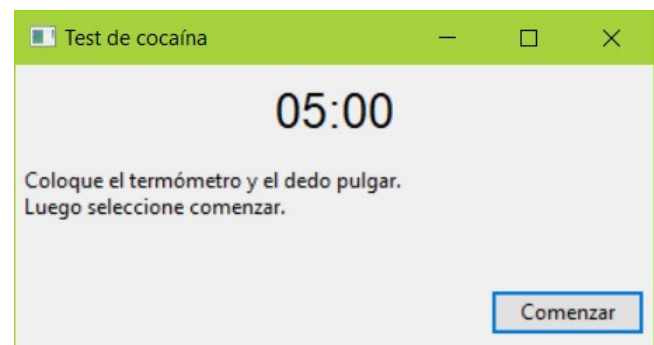


Figura 4: Ventana y mensaje inicial

- Luego de clicar sobre el botón el programa comienza con los procesos explicados anteriormente, el temporizador empieza a funcionar y se exhibe el aviso “*Aguarde por favor...*”.
- Una vez transcurrido el tiempo el programa expone los resultados del test en el siguiente formato:

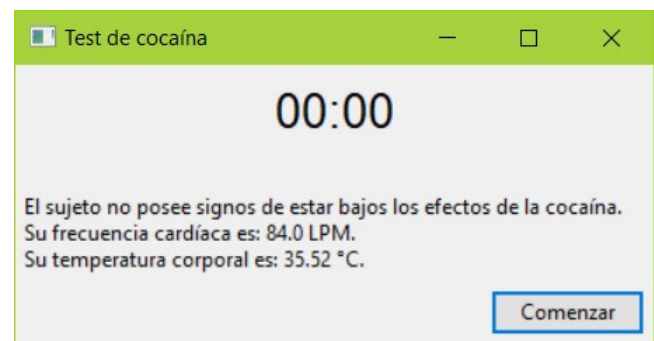


Figura 5: Ventana con los resultados

## Resultados

- La maqueta final del dispositivo se puede contemplar en la siguiente imagen:



Figura 6: Maqueta del dispositivo

- Los valores de temperatura corporal que otorga el test se compararon con los medidos por un termómetro digital San-Up y difieren en  $\pm 10$  centésimos
- Los valores de frecuencia cardíaca que otorga el test se compararon con los medidos por la aplicación *Samsung Health* de un *Samsung S8* con sensor de pulso y difieren en  $\pm 1$  pulso por minuto.

## Conclusiones

- El acondicionamiento analógico de la señal de temperatura corporal no reviste grandes complicaciones.
- Python 3.7 posee módulos muy potentes como *numpy*, *serial*, *threading* y *wx* pero se necesita de un gran conocimiento y sobre todo de mucha práctica para sacar provecho de todas las funciones que integran estos módulos.

- Se necesitaron varios filtros digitales tanto en Arduino como en Python 3.7 para lograr obtener valores correctos de frecuencia cardíaca. Siendo el filtro de mediana el más eficiente.
- El diseño es un aspecto esencial en el desarrollo de un producto. La fabricación de maquetas y prototipos en 3D a primera vista parece una tarea sencilla, pero nada más alejado de la realidad, debido que conlleva cuantioso tiempo y dedicación para lograr los resultados esperados.
- Con respecto a la adecuación de la señal de frecuencia cardíaca se puede concluir que a pesar de que con las diferentes etapas realizadas se logra una señal aceptable, con la incorporación de un número mayor de fases de filtrado se lograría una señal aún más estable.

## Trabajo futuro

- Agregar etapas de filtrado en el acondicionamiento analógico de la señal de frecuencia cardíaca.
- Mejorar el dedal en aspectos relacionados a presión ejercida sobre el dedo y la captación de la señal.
- Añadir al programa del test la instrucción de introducir la edad del sujeto de estudio con el fin de que el umbral de frecuencia cardíaca sea aún más específico.
- Aumentar los parámetros de análisis del test, tales como presión arterial, midriasis permanente, etc.
- Globalizar el test para cualquier droga estimulante como anfetaminas, metanfetaminas, efedrina, metilfenidato, metcatinona y éxtasis.
- Construcción de la base del dispositivo a partir de polímeros.
- Construir un dispositivo inalámbrico mediante uso de baterías y conexión bluetooth o wifi.

- Creación de una aplicación para smartphones donde se visualicen los resultados del test.
- Diseño de una versión transportable.

## References

- (1) Kuhn, C.; Swartzwelder, S.; Wilson, W. Colocados: lo que hay que saber sobre drogas más consumidas, desde el alcohol hasta el éxtasis. *Colocados: lo que hay que saber sobre drogas más consumidas, desde el alcohol hasta el éxtasis* **2011**,
- (2) Instruments, T. LM35 Datasheet. **1999**,
- (3) Arduino, Arduino Uno Datasheet.

**Acknowledgement** El autor quiere agradecer a todas las personas que colaboraron con la realización de este proyecto.