

ELABORACIÓN DE PROTOCOLO PARA ESTUDIO TERMOGRÁFICO DE DEDOS

Rincón Guevara, Victoria Alejandra (1), Villaseñor Mora, Carlos (2)

¹ [Ingeniería Biomédica, Universidad Antonio Nariño] | [vrincon796@uan.edu.com]

² [Departamento de ingenierías Química, Electrónica y Biomédica, División de Ciencias e Ingenierías, Campus León, Universidad de Guanajuato] | [vimcarlos@ugto.mx]

Resumen

Dentro del ámbito médico existe la necesidad de mejorar los métodos diagnósticos para garantizar la comodidad y seguridad del paciente. Frente a esta necesidad la Termografía Infrarroja se vislumbra como una alternativa altamente viable, y por ende se hace vital la realización de estudios termográficos que puedan aportar a la consolidación de ésta como prueba diagnóstica. Sin embargo, previo a un estudio termográfico es necesario fijar un protocolo para la elaboración del mismo, es por esto que el presente trabajo se centra en desarrollar un protocolo para la realización de un estudio termográfico de dedos. Para ello se aborda la construcción un sistema basado en termografía pulsada y la elaboración del protocolo en etapas, incluyendo la intervención de software para el análisis de las imágenes térmicas adquiridas y la fijación del mismo, con el fin de conseguir un protocolo funcional.

Abstract

Within the medical field there is a need to improve diagnostic methods to ensure patient comfort and safety. Faced with this need, Infrared Thermography is seen as a highly viable alternative, and therefore it is vital to carry out thermographic studies to contribute to the consolidation of the thermographic test as a diagnostic one. However, prior to a thermographic study is necessary a protocol for the elaboration of the same. This is why the present work focuses on the development of a protocol for performing a thermographic study of fingers. For this, the construction of the pulse system and the elaboration of the protocol are tackle in stages, where one of the stages of elaboration of the protocol requires the intervention of software for the analysis of the thermal images acquired and the fixation of the protocol itself. Resulting in a functional protocol.

Palabras Clave

Termografía Pulsada; Imágenes Térmicas; Imágenes Médicas.

INTRODUCCIÓN

Antecedentes y marco teórico

Dentro del diagnóstico clínico es de gran importancia el minimizar la exposición de pacientes a pruebas invasivas tanto por su comodidad como por su seguridad. Con ese fin se han desarrollado técnicas diagnósticas basadas en imágenes tales como: la Radiografía, la Tomografía Axial Computarizada (TAC), la Resonancia Magnética (RMN), la Tomografía por Emisión de Positrones (PET), la Ultrasonografía, entre otros. Sin embargo, frente a las técnicas diagnósticas mencionadas anteriormente, sobresale como una mejor y relativamente nueva alternativa, la termografía Infrarroja, puesto que ésta no expone al paciente a dosis de radiación ionizante y no representa altos costos para su realización ni mantenimiento.

En [1] se define la termografía infrarroja, en el ámbito médico, como una modalidad de imagen no invasiva para expresar las funciones homeostáticas térmicas del cuerpo. Puesto que a partir de imágenes infrarrojas de la piel, se determina la temperatura de ésta, y se puede correlacionar con el flujo sanguíneo, la estructura del tejido subcutáneo y las actividades del sistema nervioso simpático, que regulan la radiación térmica de la superficie corporal.

Además, de lo dicho anteriormente, se ha de resaltar el establecimiento de estándares o pautas para el manejo de la termografía, ya que, las funciones fisiológicas como la temperatura de la superficie de la piel se modifican fácil y rápidamente por muchos factores intrínsecos y extrínsecos [1].

Asimismo en [2], se reconoce esa misma importancia, y nombran factores tales como la reflexión infrarroja y las condiciones ambientales no estables, como elementos parásitos que pueden tener una influencia significativa en los resultados de investigaciones termografías si éstas no son llevadas a cabo con cuidado.

Objetivo y Justificación

Proponer y validar un protocolo para la realización de un estudio termográfico en dedos, por medio de la técnica de termografía pulsada, proyectando la posibilidad de realizar evaluaciones diagnósticas de enfermedades vasculares en trabajos futuros. Como se ha dicho, es importante minimizar los factores que alteran la evaluación infrarroja, por lo que este proyecto detalla un protocolo para la realización de este estudio, partiendo desde la realización del sistema de pulso térmico.

MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto de investigación llevado a cabo se abordó en dos etapas: el desarrollo del prototipo del sistema generador de pulso y el desarrollo del protocolo para el estudio termográfico de dedos. Éstos se describen a continuación:

I. Desarrollo del Prototipo

Para el desarrollo del sistema generador de pulso, se hicieron varias pruebas buscando alcanzar la menor temperatura posible por la placa de posicionamiento de dedos del sistema, variando en cada prueba las Celdas Peltier, los disipadores y los ventiladores que se tenían a disposición. La versión final del sistema es la siguiente (Imagen 1).



Imagen 1: Sistema Generador de Pulso

A grandes rasgos, éste consta de una Celda Peltier TEC1-12706, un disipador acoplado a un sistema de ventilación, la placa de

posicionamiento de dedos y una caja de recubrimiento en madera.

II. Desarrollo del Protocolo

a. Pruebas Preliminares

Una vez elaborado el prototipo final se realizaron pruebas preliminares, en las cuales inicialmente se asumieron tiempos amplios para el enfriamiento del sistema de pulsos, la exposición del paciente al pulso y la recuperación del paciente a la exposición realizada; con el fin de observar el comportamiento fisiológico del paciente y así establecer tiempos óptimos en cada una de las fases ya mencionadas. De igual manera se estableció la posición del sistema de captura (Imagen 2) y otros parámetros intrínsecos y extrínsecos (Tabla 1).

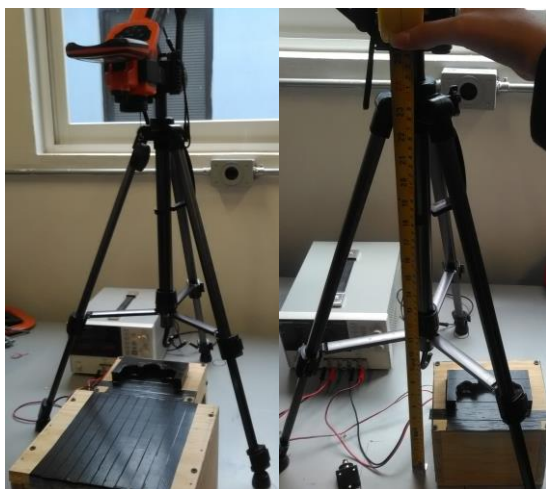


Imagen 2: Sistema de Captura Establecido

Tabla 1: Parámetros Establecidos

| PARÁMETROS | |
|---|-------|
| Temperatura Ambiente | 21°C |
| Altura de la cámara | 64cm |
| Tiempo entre Fotos | 1min |
| Voltaje de Alimentación Celda Peltier | 11.5V |
| Voltaje de Alimentación Sistema de Ventilación | 12V |

En este proceso se llevaron a cabo 2 etapas de pruebas preliminares, para un total de 7 pruebas

que contaron con la participación de 3 sujetos. La distribución de las pruebas se muestra en la siguiente tabla (Tabla 2).

Tabla 2: Distribución Pruebas Preliminares

| PRUEBAS PRELIMINARES | | PRIMERA ETAPA | SEGUNDA ETAPA |
|----------------------|--------------------------|---------------|---------------|
| PRUEBAS | | 1° 2° 3° | 4° 5° 6° 7° |
| TIEMPOS | ENFRIAMIENTO DEL SISTEMA | 20min | 20min |
| | EXPOSICIÓN DEL PACIENTE | 20min | 8min |
| | RECUPERACIÓN DEL SISTEMA | 20min | 15min |

Las imágenes térmicas obtenidas requirieron de un ajuste de visualización el cual se realizó con el software de SATIR SatIrReport2.5.2, además con este mismo software se recogió la información correspondiente a la temperatura corporal alcanzada por los sujetos en cada prueba y la temperatura alcanzada por la placa de posicionamiento de dedos del sistema en cada minuto de enfriamiento.

b. Fijación del Protocolo

Posteriormente se hizo uso del software MatLab R2015b para obtener gráficas de temperatura con relación al minuto transcurrido y así observar el comportamiento fisiológico de los sujetos en las pruebas termográficas. Y de esa manera fijar el protocolo.

Cabe aclarar que se tomaron imágenes en cada fase del estudio térmico, es decir en el enfriamiento del sistema de pulso, en la exposición del paciente al pulso y en la recuperación del paciente a la exposición realizada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Por medio de las imágenes adquiridas, y su estudio con el software SatIrReport2.5.2 se obtuvieron las temperaturas mínimas alcanzadas por la placa de posicionamiento de dedos del sistema generador de pulso (Tabla 3). De esta manera se evaluó el tiempo destinado al enfriamiento de la placa, dando como resultado que 20min de enfriamiento es un tiempo óptimo para ello.

Tabla 3: Temperatura Mínima alcanzada por el sistema de enfriamiento

| TEMPERATURA MÍNIMA ALCANZADA POR EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO | | | | | | | |
|---|---------|------|------|------|------|------|------|
| MINUTO | PRUEBAS | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 0 | 16.6 | 14.2 | 29.5 | 16.5 | 18.5 | 22.2 | 22.2 |
| 1 | 15.6 | 5.4 | 30 | 13.1 | 12.2 | 10.7 | 10.1 |
| 2 | 14.9 | 4.6 | 18.8 | 11.9 | 10.9 | 9.9 | 9.2 |
| 3 | 14.2 | 3.9 | 18.2 | 10.7 | 10.1 | 9.1 | 8.4 |
| 4 | 13.5 | 3.4 | 17.5 | 9.6 | 9 | 8.4 | 7.9 |
| 5 | 13.1 | 3.3 | 17 | 9 | 8.1 | 7.9 | 7.3 |
| 6 | 12.7 | 3 | 16.2 | 8.1 | 7.9 | 7.3 | 7.3 |
| 7 | 12.2 | 2.7 | 16 | 7.6 | 7.3 | 6.8 | 6.8 |
| 8 | 11.9 | 2.5 | 15.7 | 6.8 | 6.8 | 6.7 | 6.7 |
| 9 | 11.7 | 2.4 | 15.3 | 6.5 | 6.4 | 6.4 | 6.2 |
| 10 | 11.3 | 2.4 | 15.2 | 6.1 | 6.2 | 6.2 | 5.9 |
| 11 | 11.3 | 2.2 | 15.1 | 5.8 | 5.7 | 6.1 | 5.6 |
| 12 | 11.4 | 2.2 | 15.1 | 5.6 | 5.6 | 5.8 | 5.6 |
| 13 | 11.3 | 2.1 | 15.1 | 5.6 | 5.3 | 5.7 | 5.6 |
| 14 | 11.3 | 2.3 | 14.8 | 5 | 5 | 5.6 | 5.6 |
| 15 | 11.2 | 2.1 | 14.6 | 5 | 5.3 | 5.7 | 5 |
| 16 | 11.3 | 2.6 | 15.1 | 5 | 5 | 5.6 | 5 |
| 17 | 11 | 2.4 | 15.2 | 4.7 | 5 | 5.6 | 5 |
| 18 | 11 | 2.7 | 15.1 | 4.6 | 4.8 | 5.6 | 5 |
| 19 | 10.8 | 2.7 | 15.1 | 4.4 | 4.5 | 5.6 | 5 |
| 20 | 11 | 2.7 | 14.6 | 4.4 | 4.4 | 5.6 | 5 |

También se obtuvo el rango de temperatura corporal de cada una de las pruebas (Tabla 4), donde se pudo observar la diferencia máxima de temperatura en ambas etapas de pruebas preliminares. Por medio de esos resultados se estableció la ventana de visualización de temperatura para cada etapa. Primera etapa: Tmax=44°C Tmin=18.5°C. Segunda etapa: Tmax=37°C Tmin=11.5°C.

La diferencia en ambas ventanas es de 25.5°C, este parámetro se conoce como "Alcance" y es un parámetro fijado, debido a que la variación mínima de la cámara termográfica es de 0.1°C y ésta en relación a los 255 niveles de color de la imagen me permitiría una variación de temperaturas de 25.5°C.

Tabla 4: Temperaturas Corporales

| TEMPERATURAS CORPORALES | | | | | | |
|-------------------------|---------------------|------|------------|--------------|------|------------|
| Pruebas | EXPOSICIÓN AL PULSO | | | RECUPERACIÓN | | |
| | Tmin | Tmáx | Diferencia | Tmin | Tmáx | Diferencia |
| 1 | 22.8 | 42.7 | 19.9 | 26.8 | 42.6 | 15.8 |
| 2 | 19.7 | 43.7 | 24 | 26.6 | 43.4 | 16.8 |
| 3 | 22.1 | 42.2 | 20.1 | 22 | 41.6 | 19.6 |
| 4 | 18 | 34.9 | 16.9 | 17.6 | 34.8 | 17.2 |
| 5 | 15.5 | 35.2 | 19.7 | 15.9 | 35.5 | 19.6 |
| 6 | 14 | 33.5 | 19.5 | 14.7 | 33.6 | 18.9 |
| 7 | 11.9 | 30.3 | 18.4 | 11.9 | 35.8 | 23.9 |

En general el análisis de los resultados de la primera etapa de pruebas preliminares, fueron los que dieron indicio a las primeras modificaciones de los tiempos inicialmente asumidos para las fases del estudio térmico.

En la fase de exposición del paciente al pulso, por medio de la primera etapa de pruebas preliminares, se pudo observar que el tiempo óptimo de estimulación en frío debe ser menor a los 8min, puesto que alrededor de este tiempo el cuerpo inicia un proceso de recuperación de su temperatura corporal (Imagen 3).

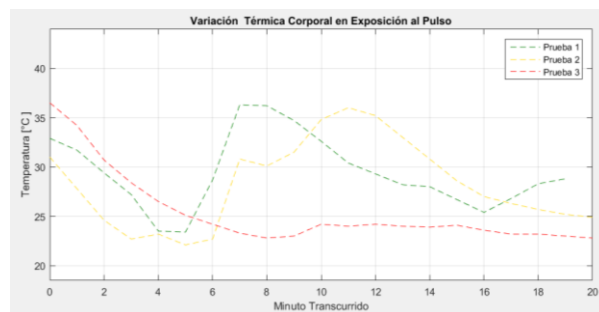


Imagen 3: Relación Temperatura/minuto transcurrido, en la fase de Exposición del Paciente, de la primera etapa de pruebas preliminares.

Por medio de la primera etapa de pruebas preliminares, en la fase de recuperación del paciente a la exposición del pulso, se determinó un tiempo óptimo de 15 min, puesto que a minutos posteriores a éste, la temperatura corporal tiende a mantener un comportamiento constante (Imagen 4).

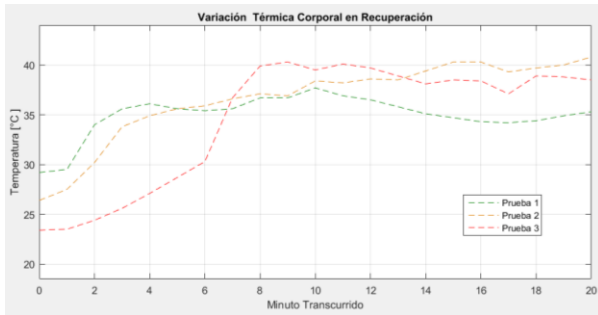


Imagen 4: Relación Temperatura/minuto transcurrido, en la fase de Recuperación, de la primera etapa de pruebas preliminares.

En la segunda etapa de pruebas preliminares se aplicaron las correcciones respectivas y se obtuvieron los resultados de las Imágenes 5 y 6, para las fases de Exposición al paciente y Recuperación del paciente, respectivamente.

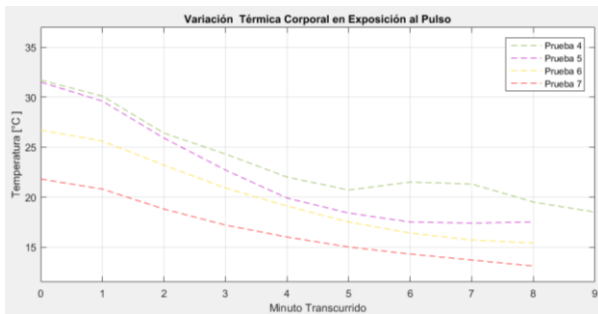


Imagen 5: Relación Temperatura/minuto transcurrido, en la fase de Exposición del Paciente, de la segunda etapa de pruebas preliminares.

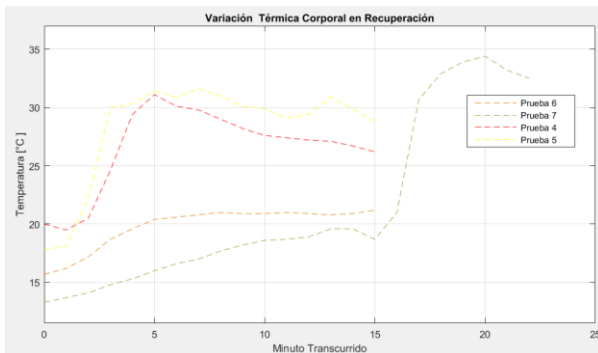


Imagen 6: Relación Temperatura/minuto transcurrido, en la fase de Recuperación, de la Segunda etapa de pruebas preliminares.

Cabe mencionar que durante el desarrollo de la Prueba 7, en la fase de recuperación del paciente, no se observaban cambios significativos al concluir los 15min previamente estipulados, por lo que se siguieron realizando capturas cada 1min hasta

observar el comportamiento deseado (Imagen 6). A pesar de que la ventana de tiempo estipulada dio buenos resultados para las anteriores pruebas, este último parámetro podría estar relacionado directamente con estados del paciente que tendrían que ser evaluados con mayor detenimiento en trabajos futuros.

CONCLUSIONES

Finalmente, del trabajo aquí recogido, es importante resaltar que los parámetros fijados dan resultados óptimos para realizar un estudio termográfico de dedos, más sin embargo, debe tenerse en cuenta la posible influencia de factores como el estado médico del paciente y sus medidas antropométricas, puesto que éstos no fueron abordados en este estudio, y por lo tanto no han sido descartados.

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia agradezco a la Universidad de Guanajuato y a mi Asesor: el Doctor Carlos Visalleñor, por darme la oportunidad de cursar este Verano de Investigación. Por supuesto agradezco a mi casa de estudios, la Universidad Antonio Nariño en Colombia. Y finalmente agradezco a mi familia por su apoyo incondicional en esta bella experiencia.

REFERENCIAS

- [1] Fujimasa, I., Chinzei, T., & Mabuchi, K. (1996). Development of a database for medical infrared imaging. In Engineering in Medicine and Biology Society, 1996. Bridging Disciplines for Biomedicine. Proceedings of the 18th Annual International Conference of the IEEE, Vol. (5), pp. 2091-2092. IEEE.
- [2] Wiecek, B., Wajman, T., Gralewicz, G., & Michalak, M. (2003, September). Multilayer structure investigations using lock-in and pulse thermography possible applications in medicine. In Engineering in Medicine and Biology Society, 2003. Proceedings of the 25th Annual International Conference of the IEEE, Vol. (2), pp. 1080-1083. IEEE.