

**PROTOCOLO PARA ADQUIRIR TERMOGRAMAS DEL DORSO DE LA MANO
CON UN MEJOR CONTRASTE**

**PROTOCOL TO ACQUIRE THERMOGRAMS OF THE BACK OF THE HAND
WITH A BETTER CONTRAST**

(Recibido el 09 de diciembre de 2014 - Aprobado el 27 de febrero de 2015)

Manuela Baena Arismendi
Instituto Tecnológico
Metropolitano ITM,
Semillerista, Facultad de Ciencias
Exactas y Aplicadas; Ingeniería
Biomédica, Grupo de Investigación
e innovación Biomédica,
Medellín, Colombia.
manuelabaena19475@correo.itm.edu.co

Estefanía Pérez Giraldo Instituto
Tecnológico Metropolitano ITM,
Semillerista, Facultad de Ciencias
Exactas y Aplicadas; Ingeniería
Biomédica, Grupo de Investigación
e innovación Biomédica,
Medellín, Colombia.
estefaniaperez91493@correo.itm.edu.co

Mg. Leandro Ariza Jiménez
Instituto Tecnológico
Metropolitano ITM,
Docente de cátedra, Facultad de
Ciencias Exactas y Aplicadas;
Ingeniería Biomédica, Grupo de
Investigación e Innovación
Biomédica, Medellín, Colombia.
leandroariza8847@itm.edu.co

Resumen. La termografía infrarroja permite obtener imágenes digitales, o termogramas, que describen visualmente la distribución de temperaturas del cuerpo humano. Aunque la termografía infrarroja ha logrado incursionar en el ámbito médico dando soporte en el diagnóstico de patologías que se manifiestan mediante cambios en la temperatura superficial del cuerpo, un factor que limita su desempeño es el bajo contraste de los termogramas con los cuales se emiten dichos diagnósticos. En este trabajo proponemos un protocolo para la adquisición de termogramas con un mejor contraste al aplicar sustancias tópicas sobre la piel antes de efectuar el registro termográfico. Al evaluar los resultados obtenidos, subjetivamente y objetivamente, se verificó que este enfoque es factible y que puede utilizarse para facilitar la visualización del sistema venoso del dorso de la mano. Empero, se evidenció que el éxito y la repetibilidad de estos resultados depende del establecimiento y cumplimiento de protocolos durante el registro termográfico.

Palabras clave: contraste; mejoramiento; termografía; infrarrojo; venas

Abstract. With infrared thermography digital images that visually describe the temperature distribution of the human body, known as thermograms, can be obtained. Although infrared thermography has ventured into the medical field assisting in the diagnosis of diseases that manifest via changes in the surface temperature of the human body, a factor that limits its performance is the low contrast of the thermograms used for diagnostic purposes. In this study we propose a protocol to acquire thermograms with a better contrast by applying topical substances on skin before the thermal imaging. After evaluating the results, both subjectively and objectively, we verified that this approach is feasible and can be used to facilitate visualization of veins on the back of the hand. However, it is also evident that success and repeatability of these results depends on the set up and observance of protocols during thermal image acquisition.

Keywords: contrast; enhancement; thermography; infrared; veins

1. INTRODUCCIÓN

El cuerpo humano produce calor de manera constante debido a procesos bioquímicos y este es transportado a través del organismo principalmente mediante la circulación sanguínea (Jones y Plassman, 2002). Si bien el calor asociado al cuerpo no puede ser medido directamente, este sí puede monitorearse a través de su temperatura (Holst, 2000).

Los objetos con una temperatura mayor al cero absoluto emiten superficialmente una radiación electromagnética cuya longitud de onda está en el rango de 0.75 a 1000 μm , y se le denomina radiación infrarroja (Lahiri et al, 2012). La ley de Stefan-Boltzmann establece que la radiación infrarroja total que transmite un objeto es directamente proporcional a su emisividad y a su temperatura absoluta. En lo que respecta al ser humano, la emisividad de la piel es alta, por tanto, el registro de la radiación infrarroja emitida por el cuerpo humano se convierte en un procedimiento eficaz para evaluar su temperatura superficial (Diakides y Bronzino, 2007).

La termografía infrarroja (TIR) consiste en el registro a distancia de la distribución superficial de temperaturas en el cuerpo humano a partir de la radiación infrarroja que este emite (Lahiri et al, 2012). La obtención de estos registros puede realizarse mediante cámaras especializadas (cámaras termográficas) que son sensibles a la radiación infrarroja emitida en el rango de 8 a 15 μm y que a su vez generan imágenes digitales denominadas como termogramas, imágenes termográficas o imágenes térmicas (Fluke Corporation & The Snell Group, 2009).

La incursión de la TIR en el campo de la medicina está determinada por su carácter no invasivo e inofensivo, que sirve de soporte a la hora de emitir un diagnóstico acerca de una patología que se manifieste mediante cambios en la temperatura superficial del cuerpo humano (Diakides y Bronzino, 2007); tal y como ocurre con el cáncer de seno (Ng, 2009), las neuropatías y desórdenes vasculares derivados de la diabetes (Lahiri et al, 2012), la trombosis venosa profunda, y los linfomas y melanomas (Diakides y Bronzino, 2007). Sin embargo, un factor que puede limitar el desempeño de la TIR en las aplicaciones médicas es el bajo contraste que exhiben los termogramas que se obtienen y con los cuales se emiten los diagnósticos (Villaseñor-Mora et al, 2008).

Si bien el contraste de una imagen digital puede mejorarse posteriormente utilizando técnicas de procesamiento digital de imágenes (González et al, 2003), es preferible que un defecto como este sea

corregido antes de efectuar el registro de los termogramas interviniendo las condiciones que lo rigen. Al respecto, se ha reportado que la información térmica que registran las cámaras termográficas en la superficie de los cuerpos puede alterarse debido a factores ambientales (humedad, flujo de aire, temperatura ambiente, etc.) y por sustancias de uso tópico (por ejemplo, cremas de manos, desodorantes, aceites, alcohol, entre otros) (Lahiri et al, 2012).

Actualmente se reporta en la literatura un estudio sin precedentes donde se busca generar termogramas con un mejor contraste mediante la aplicación de sustancias tópicas sobre la piel antes de efectuar el registro termográfico (Villaseñor-Mora et al, 2008). Si bien tal estudio aporta en detalle los principios teóricos que explican el origen del fenómeno observado, su desarrollo experimental se realiza con base en sólo dos sujetos de prueba y no hay indicaciones de que se haya seguido un protocolo de registro que garantice la repetibilidad de los resultados obtenidos. Al respecto, aquí se presenta un protocolo cuyo seguimiento en 15 sujetos de prueba confirma parcialmente la viabilidad de obtener termogramas del dorso de la mano con una mejora de contraste, tal que esta facilita la visualización del sistema venoso del dorso de la mano en el espectro infrarrojo sin ayuda de técnicas de procesamiento de imágenes.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La obtención de resultados fiables y válidos cuando se utiliza la TIR en aplicaciones médicas está supeditada al seguimiento de una metodología estándar de registro (Ring y Ammer, 2012). En este orden de ideas, para este trabajo se establecieron tres etapas con el objetivo de adquirir termogramas del dorso de la mano donde a través de una mejora de su contraste se facilitase la visualización del sistema venoso presente en el dorso de la mano.

2.1 Protocolo de Registro

Las imágenes térmicas empleadas en esta investigación se obtuvieron de 15 sujetos de prueba (entre ellos, 8 mujeres y 7 hombres) que participaron voluntariamente en el estudio. Como una medida preventiva y para minimizar la presencia de factores externos que pudiesen alterar la naturaleza de los termogramas obtenidos, se dispuso que los participantes en este estudio cumplieran una serie de recomendaciones, algunas sugeridas previamente (Ng, 2009) y otras de nuestra autoría, antes de proceder con el registro, así:

- No haber realizado ejercicio físico, o alguna actividad similar, al menos 2 horas antes del registro.
- No haberse aplicado sobre la piel de las manos perfumes, lociones, cremas, y cosméticos.
- No haber fumado, ni consumido bebidas alcohólicas, energizantes o con cafeína (por ejemplo, café).
- No haberse sobreexponer al sol.
- No haber ingerido medicamentos para el dolor o vaso dilatadores.
- No vestir adornos, joyas y accesorios en las muñecas y dedos de la mano.

De otro lado, el escenario dispuesto para el registro termográfico fue un recinto cerrado con una temperatura ambiente de 20°C, y en el cual se minimizó la presencia de fuentes secundarias de radiación infrarroja, tales como la luz solar, equipos electrónicos, y lámparas incandescentes que pudieran alterar la información registrada por la cámara infrarroja.

El registro termográfico se realizó con una cámara infrarroja Fluke® Ti25, que es sensible a la banda espectral de 7.5 a 14 μm , justo en el rango donde se ha reportado que la emisión infrarroja de la piel humana alcanza su pico (Lahiri et al, 2012; Ng, 2009). En particular, la cámara se ajustó manualmente para registrar temperaturas en el rango de 25 a 40 °C y el parámetro de emisividad se fijó manualmente en 0.96 como se sugiere en la literatura (Diakides y Bronzino, 2007).

La aplicación de las sustancias se hizo por separado y de forma sistemática para no dar lugar a mezclas de ellas que alterasen los resultados de este trabajo; incluso en sesiones diferentes de registro. Además, se tuvo como norma el esparcimiento uniforme de la sustancia, a partir de una cantidad que suficiente para cubrir el área de interés.

Una vez hecho esto, se procedió a registrar el dorso de la mano cada minuto durante un periodo de 10 minutos. Así pues, por cada sustancia se obtuvieron 10 termogramas, los cuales fueron almacenados digitalmente en un formato de archivo radiométrico (.is2) para preservar intacta la información térmica.

Por último, al momento del registro, la planta de la mano de cada paciente se apoyó horizontalmente sobre una superficie rectangular de madera, que hizo las veces de fondo homogéneo, para garantizar una correcta adquisición de cada termograma. Asimismo, la cámara termográfica se ubicó por encima de ella a una distancia que oscilaba entre 1 y 2 m, dependiendo del tamaño de la mano del paciente.

2.2 Aplicación de Sustancias

Para evaluar como la aplicación de sustancias tópicas podía mejorar el contraste de las imágenes termográficas, se llevaron a cabo pruebas con sustancias tales como aceite para bebé, alcohol etílico (al 70%), crema de manos, bloqueadora de sol, gel antibacterial, gel refrescante, gel para ultrasonido, bronceadora y vinagre. Si bien algunas de las sustancias que se seleccionaron para este estudio ya habían sido descritas en un trabajo previo (Villaseñor-Mora et al, 2008), otras tantas se seleccionaron teniendo en cuenta un criterio de fácil consecución, bajo coste, e inocuidad (Tabla 1).

Tabla 1. Sustancias empleadas en este trabajo y otras que coincidieron con un otro trabajo previo

Sustancias empleadas	[8]	Este trabajo
Gel refrescante		✓
Gel para ecografía	✓	✓
Bronceador		✓
Bloqueador solar	✓	✓
Crema de manos		✓
Alcohol etílico al 70%	✓	✓
Aceite para bebé	✓	✓
Vinagre		✓

2.3 Evaluación de Contraste

La mejora en el contraste de los termogramas, en función de cada sustancia, se evaluó tanto de forma subjetiva como objetiva. En el primer caso, los termogramas obtenidos para cada sustancia fueron analizados por los autores utilizando el software Fluke SmartView® 3.3 suministrado gratuitamente por el fabricante de la cámara termográfica. La evaluación subjetiva consistió en observar si para cada sustancia se evidenciaba alguna mejora en el contraste de sus correspondientes imágenes térmicas, tal que esto se tradujera en una mejor visualización del sistema venoso de la mano. Acto seguido, las sustancias que a juicio personal no exhibían mejora alguna fueron descartadas y no sometidas luego a una evaluación objetiva, puesto que ensayos preliminares demostraron que esto era innecesario.

Por otra parte, la evaluación objetiva buscó cuantificar a través del tiempo los cambios en el contraste que cada sustancia generó en los termogramas del dorso

de la mano, y para ello se utilizó la herramienta de computación científica MATLAB®, a la cual fue necesario exportar los termogramas, utilizando también la aplicación descrita líneas arriba, dando lugar a imágenes en escala de grises de 160x120 píxeles. En particular, el contraste se cuantificó mediante un descriptor de textura que se extrajo de una región poligonal que se trazó manualmente sobre el dorso de la mano (Figura 1) y que numéricamente equivale a la desviación estándar del histograma de dicha región (González et al, 2003).

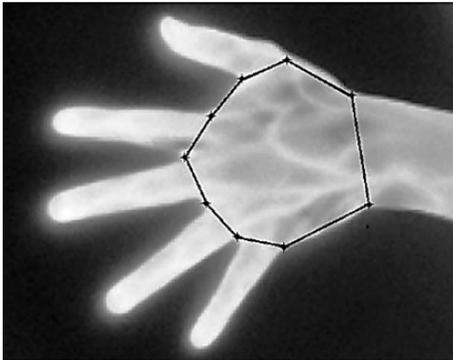


Figura 1. Región de interés poligonal donde se cuantificó el contraste utilizando un descriptor de textura

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Luego de aplicar y dejar actuar las sustancias empleadas en este estudio durante el tiempo establecido, se observó que estas podían ser separadas en dos grupos de acuerdo con la reacción que desencadenaron. Por un lado, se identificó un grupo mayoritario de sustancias que no tuvieron un efecto positivo en el contraste (Figura 2), o sea que, estas no facilitaron una mejor visualización de las venas ubicadas en el dorso de la mano, bien sea porque no efectuaron cambio alguno en la distribución superficial de temperatura o porque incluso llegaban al extremo de distorsionar por completo la distribución de calor de la mano.

En contraposición, las sustancias restantes, la crema de manos y el gel para ecografía, conformaron un grupo aparte que sí generó un efecto positivo en el contraste, ya que luego de aplicarse facilitaron la visualización de las ramificaciones venosas de la mano (Figura 3). Los cambios mencionados se observaron en ocho de los pacientes estudiados, una vez transcurridos dos minutos después de la aplicación de la sustancia y esta apreciación se prolongó positivamente por seis minutos. En general, el efecto descrito se debe a que el ser humano tiene un sistema muy lento de adaptación a los cambios de temperatura, y al aplicar sustancias que alteren el

proceso de termorregulación del cuerpo no se producirá una homeostasis inmediata (Stocks et al, 2014); luego, el enfriamiento producido por estas sustancias se prolonga en el tiempo en aquellas zonas que por naturaleza no son fuentes de calor o no lo transportan, tal y como si ocurre con el sistema vascular (Villaseñor-Mora et al, 2008).

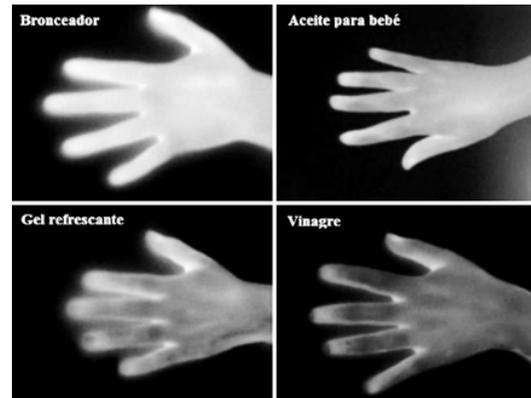


Figura 2. Ejemplos de sustancias que no tuvieron un efecto positivo en el contraste. Todos los termogramas se registraron tres minutos después de aplicar la sustancia

En lo que respecta a la evaluación objetiva, las mediciones hechas con el descriptor de contraste a lo largo del tiempo establecido mostraron que el gel para ecografía desencadenó una elevada mejora del contraste en la región analizada pero de corta duración, mientras que la crema para manos mantuvo una prolongada, más no notable, mejora del contraste (Figura 4).

De otro lado, al comparar los resultados obtenidos en este estudio con un trabajo previo (Villaseñor-Mora et al, 2008), que tenía aspectos metodológicos comunes, tales como el conjunto de sustancias (Tabla 1), la emisividad empleada, las condiciones ambientales y una cámara termográfica FLIR ThermoCAM™ E2 con similares prestaciones, se evidenció que estos no coincidieron en lo que respecta a la sustancia que dio lugar a los mejores resultados, pues la reportada allí fue el bloqueador solar. Sin embargo, al momento de medir objetivamente los cambios en el contraste que esta sustancia generó a través del tiempo, aunque usando un descriptor diferente, el comportamiento descrito allí fue similar con el reportado aquí para el gel empleado en ecografía (Figura 4).

Ahora bien, se infieren varios hechos como posibles causas de la discrepancia entre ambos trabajos. En primer lugar, las marcas comerciales de empleadas en ambos estudios, como en el caso del protector

solar, no coincidieron debido a que ambos estudios se hicieron en países diferentes. Otra posible causa tiene que ver con la forma como se posicionó la mano durante el registro termográfico: mientras que en el protocolo establecido aquí el sujeto debe mantener la mano apoyada en una superficie horizontal con el dorso hacia arriba, en el trabajo previo (Villaseñor-Mora et al, 2008) no se especificó de qué manera se realizó este procedimiento. En especial, este último aspecto es importante ya que en ensayos preliminares observamos que la posición de la mano, por ejemplo si está se dejaba suspendida verticalmente en el aire, puede afectar los resultados obtenidos. Finalmente, cabe mencionar la notable diferencia en el número de individuos observados en cada estudio, ya que en el presente estudio se desarrolló con la participación de 15 personas, mientras que en el estudio previo los resultados se obtuvieron a partir de sólo dos personas.

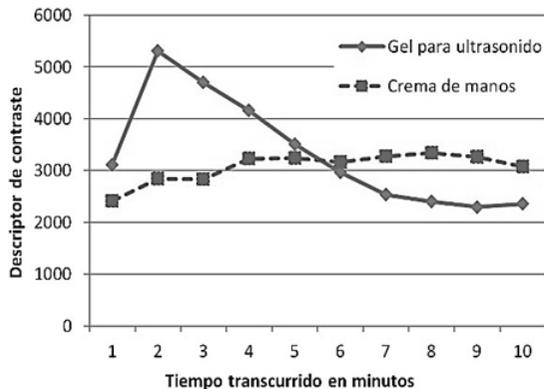


Figura 3. Variación en el tiempo del contraste medido en el dorso de la mano sobre una región poligonal. Los datos se obtuvieron a partir de un sujeto representativo

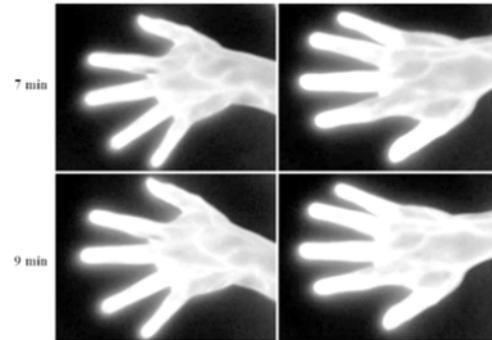
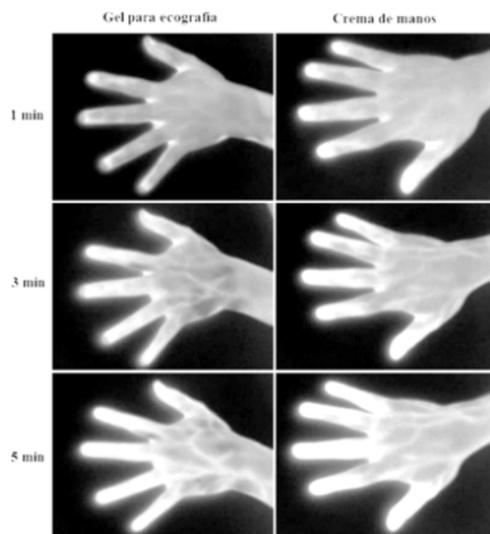


Figura 4. Sustancias que sí tuvieron un efecto positivo en el contraste a través del tiempo. Los termogramas corresponden a dos sujetos representativos

4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos confirman la viabilidad de generar termogramas con un mejor contraste, antes de efectuar su registro con una cámara termográfica, mediante la aplicación sustancias tópicas en la superficie de los cuerpos bajo análisis. En particular, se corroboró que si bien la mejora en el contraste puede destinarse a facilitar la visualización del sistema venoso del dorso de la mano, no existe unanimidad a la hora de elegir una sustancia en estudios diferentes. Sin embargo, al comparar entre si la variación del contraste a través del tiempo, en función de la sustancia elegida, se observó que si hay similitud en este aspecto, y que además este comportamiento es independiente de la forma en que se haya cuantificado el contraste. Así pues, resulta necesario establecer y cumplir protocolos de registro que garanticen el éxito y la repetibilidad de los resultados obtenidos.

De otro lado, se sugiere también incluir en estudios futuros variables clínicas, tales como el índice de masa corporal, la presión sanguínea, el grupo etario y el color de la tez, para investigar si algunas de las discrepancias que se observan en los resultados podrían ser inherentes a los sujetos bajo estudio en lugar de atribuirse a condiciones técnicas del registro termográfico.

RECONOCIMIENTO

Los autores agradecen tanto a las personas que participaron por voluntad propia en este estudio, como al Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM) por suministrar la cámara termográfica empleada en este estudio y por facilitar las instalaciones para su desarrollo.

REFERENCIAS

- Diakides, N. A. & Bronzino, J. D. (2007). *Medical Infrared Imaging*. Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Fluke Corporation & The Snell Group. (2009) *Introduction to thermography principles*. Orland Park, Illinois: American Technical Publishers.
- Gonzalez, R. C., Woods, R. E. & Eddins, S. L. (2003). *Digital image processing using MATLAB*. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Holst, G.C. (2000). *Common sense approach to thermal imaging*. Bellingham, Washington: SPIE Publications.
- Jones, B.F. & Plassmann, P. (2002). Digital infrared thermal imaging of human skin. *Engineering in Medicine and Biology Magazine*. 21(6), 41–48. doi: 10.1109/MEMB.2002.1175137
- Lahiri, B.B., Bagavathiappan, S., Jayakumar, T. & Philip, J. (2012). Medical applications of infrared thermography: A review. *Infrared Physics and Technology*. 55(4), 221–235. doi:10.1016/j.infrared.2012.03.007
- Ng, E. Y. K. (2009). A review of thermography as promising non-invasive detection modality for breast tumor. *International Journal of Thermal Sciences*. 48(5), 849–859. doi:10.1016/j.ijthermalsci.2008.06.015
- Ring, E. F. J. & Ammer, K. (2012). Infrared thermal imaging in medicine. *Physiological Measurement*. 33(3), R33-R46. doi:10.1088/0967-3334/33/3/R33
- Stocks, J. M., Taylor, N. A. S., Tipton, M. J. & Greenleaf, J. E. (2004). Human physiological responses to cold exposure. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*. 75(5), 444-457. Retrieved from <http://www.ingentaconnect.com/content/asma/asm/2004/00000075/00000005/art00011>
- Villaseñor-Mora, C., Sanchez-Marin, F. J. & Garay-Sevilla, M. E. (2008). Contrast enhancement of mid and far infrared images of subcutaneous veins. *Infrared Physics & Technology*. 51(3), 221–228. doi:10.1016/j.infrared.2007.07.006