

Salud y Termovisión: Aplicaciones de la imagen térmica en la Medicina Predictiva, Preventiva y Personalizada

Consuelo Latorre Sánchez,
Joaquín Sanchiz Navarro,
Jose Manuel Rojas Artuñedo,
Ricardo Bayona Salvador,
Elisa Signes Pérez,
José Laparra Hernández,
Carlos Atienza Vicente,
Fermin Basso Della Vedova

Instituto de Biomecánica
(IBV). Universitat Politècnica
de València. Edificio 9C.
Camino de Vera s/n.
(46022) Valencia. España

La importancia de optimizar el control de la temperatura ha adquirido gran relevancia en el actual escenario climático. El confort térmico es un factor humano crucial en la realización de tareas, relacionado muchas veces con la seguridad del usuario y la minimización de errores y accidentes. Es una variable que depende de muchos parámetros físicos, desde la temperatura del aire hasta la regulación de la temperatura corporal, pasando por el género, la edad, la vestimenta y otras características generales y locales del cuerpo.

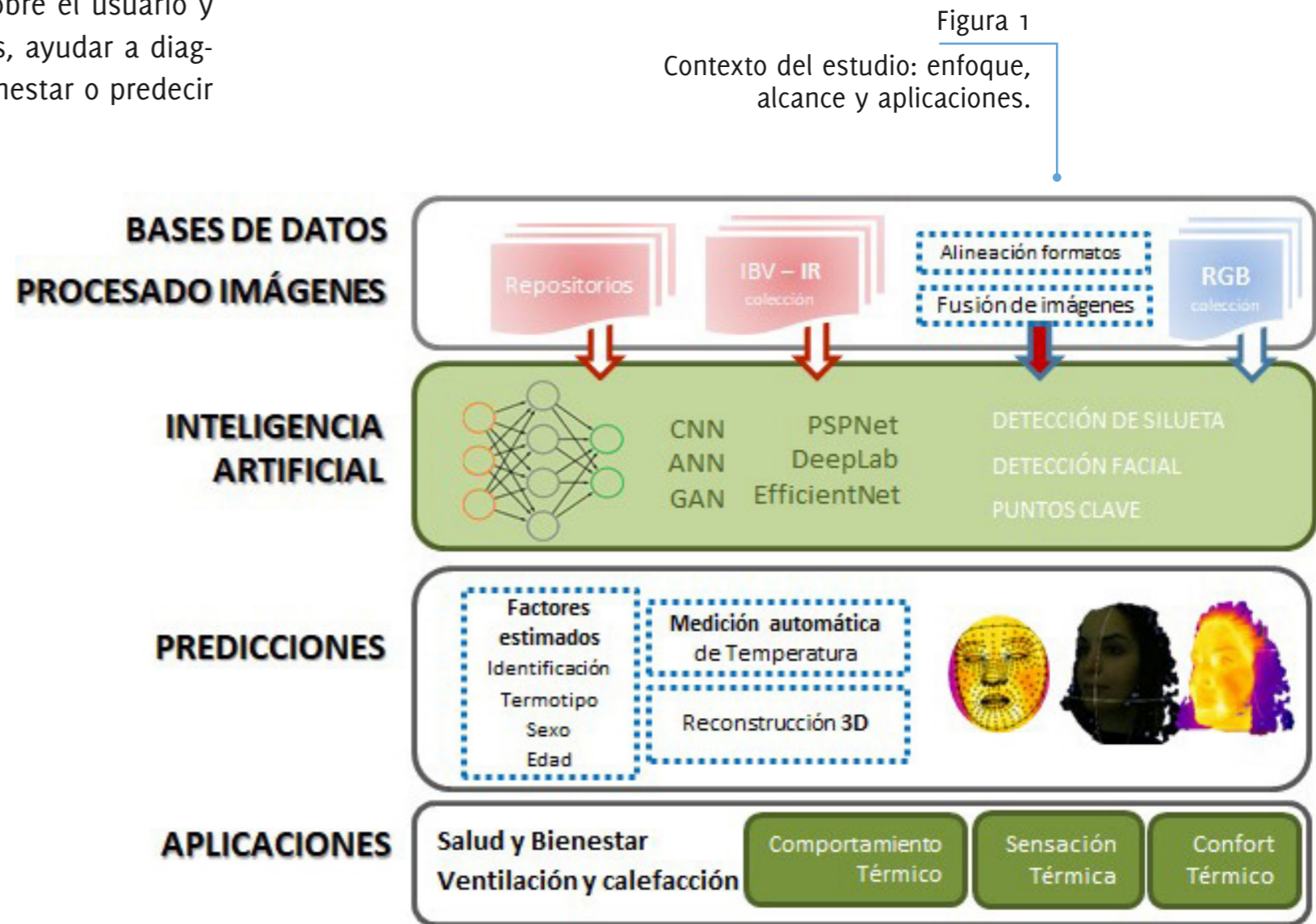
Analizando la respuesta termorreguladora del cuerpo y midiendo las temperaturas superficiales y su evolución, el Instituto de Biomecánica (IBV) ha creado una metodología que permite detectar diferencias en mapas térmicos, debidas a patologías, afecciones de la piel o lesiones articulares. A partir de una enorme base de datos de infrarrojos (>300.000 imágenes), se han entrenado modelos para estimar parámetros como el sexo, la edad, el termotipo y la identificación del usuario que facilitan la predicción del disconfort a partir de la imagen térmica. Utilizando tecnología sin contacto e inteligencia artificial, se han implementado aplicaciones en el ámbito de la Salud y el Bienestar para ayudar a los profesionales (clínicos, médicos, etc.) a diagnosticar ciertas enfermedades, como problemas circulatorios y vasculares y el efecto de terapias o productos cosméticos, o prevenir riesgos como golpes de calor. tectar diferencias en mapas térmicos, debidas a patologías, afecciones de la piel o lesiones articulares. A partir de una enorme base de datos de infrarrojos (>300.000 imágenes), se han entrenado modelos para estimar parámetros como el sexo, la edad, el termotipo y la identificación del usuario que facilitan la predicción del disconfort a partir de la imagen térmica. Utilizando tecnología sin contacto e inteligencia artificial, se han implementado aplicaciones en el ámbito de la Salud y el Bienestar para ayudar a los profesionales (clínicos, médicos, etc.) a diagnosticar ciertas enfermedades, como problemas circulatorios y vasculares y el efecto de terapias o productos cosméticos, o prevenir riesgos como golpes de calor.



INTRODUCCIÓN

El objetivo de este estudio es utilizar el potencial de la termografía para comprender el comportamiento térmico humano. Aplicando técnicas muy prometedoras de visión artificial y reconstrucción 3D, se ha podido obtener información a partir de imágenes térmicas sobre el usuario y proponer un seguimiento de tratamientos, ayudar a diagnosticar en el ámbito de la Salud y el Bienestar o predecir la sensación térmica y el confort térmico.

Las técnicas de Inteligencia Artificial (IA) aplicadas sobre imágenes, principalmente en conjuntos de datos visibles o RGB, han experimentado un importante desarrollo en los últimos años, sin embargo, existe un vacío en la aplicación de imágenes térmicas. Este proyecto ha permitido cubrir esa carencia, a través de la fusión de imágenes visibles y térmicas, reentrenando redes neuronales con las bases de datos experimentales (>300.000 imágenes) del IBV. Para ello, se ha implementado lo que se ha denominado “Termovisión Profunda”, un modelo térmico que se basa en el uso de imágenes térmicas y aprendizaje profundo (*Deep Learning*) (Figura 1).





DESARROLLO

Para la implementación de la “Termovisión profunda”, el Instituto de Biomecánica (IBV) ha integrado información térmica con aplicaciones basadas en escáneres antropométricos, permitiendo combinar variaciones de forma, postura, movimiento y temperatura.

La termografía es una técnica no invasiva, sin radiación, particularmente valiosa para la exploración de la topografía o patrón de temperatura de la piel en todo el cuerpo [1]. Una aplicación específica de esta rama del conocimiento es **la termografía infrarroja médica, que se utiliza para analizar funciones fisiológicas relacionadas con la temperatura de la piel**. Los avances tecnológicos lo han convertido en una herramienta de medición médica confiable actualmente [2].

Fuera de la neutralidad térmica, el cuerpo humano regula la temperatura corporal por vasodilatación y sudoración. Sin embargo, ante patologías o lesiones en piel, articulaciones o músculos, **la respuesta termorreguladora del organismo presenta cambios localizados y/o generalizados**. El dolor agudo y crónico puede ser un problema médico difícil de diagnosticar y tratar, y puede ser originado por causas tales como lesión tisular, inflamación, un procedimiento

quirúrgico o enfermedad. **En muchas ocasiones el dolor también se acompaña con una variación de la temperatura local**.

Las **patologías de la piel** también muestran variaciones en el patrón térmico de un sujeto. Por ello, las Imágenes Infrarrojas (IR) aportan información adicional y complementaria. Numerosos estudios realizados con usuarios (Figura 2) en condiciones extremas controladas, han evidenciado patrones de regulación diferenciados que han inspirado el estudio de la información térmica como complemento a técnicas tradicionales.

El IBV ha recopilado durante años una extensa base de datos de usuarios adultos con gran variabilidad (edad, sexo, condición física, IMC, etc.), con diferentes grados de aislamiento en la ropa, escenarios extremos y diferentes orientaciones faciales y posturales. La aplicación de técnicas de Inteligencia artificial (IA) ha permitido detectar pequeños cambios de temperatura y correlacionarlos con información del usuario.

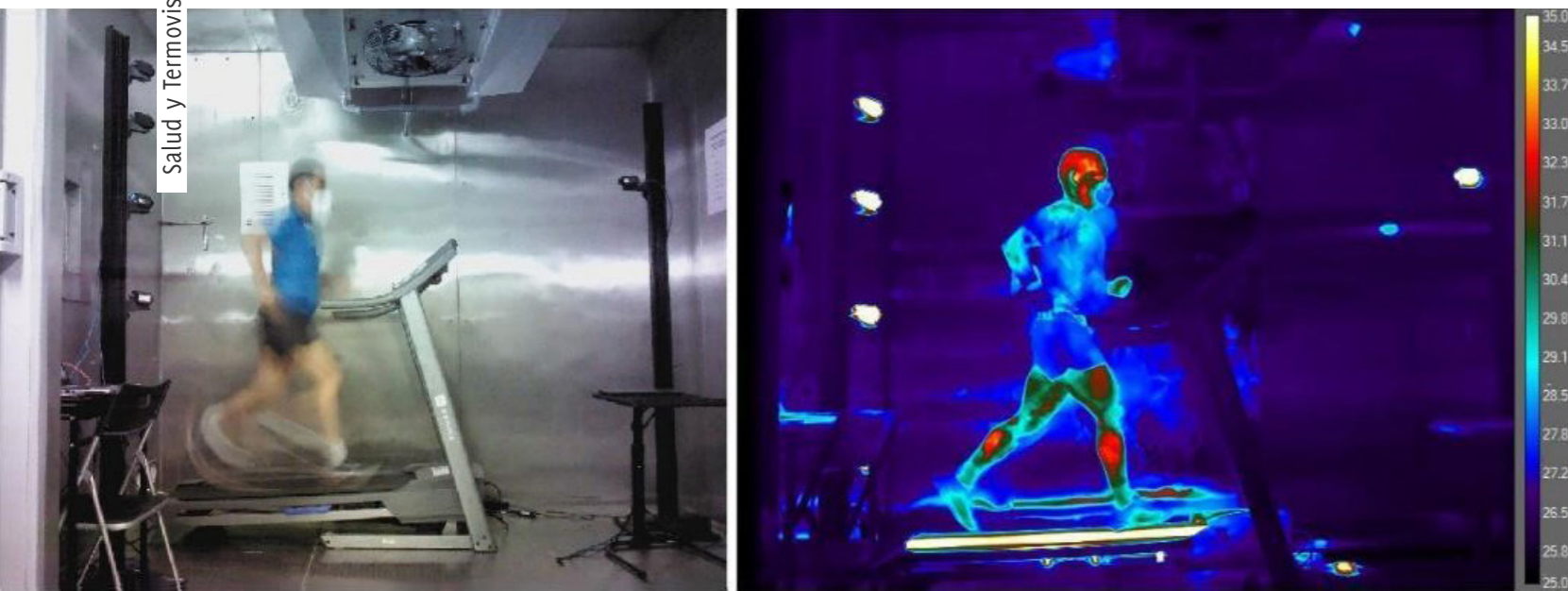


Figura 2

Ensayos con usuarios en condiciones controladas.



En colaboración con empresas de la Comunidad Valenciana, se han explorado varias redes, modelos y bibliotecas de visión artificial y se han aplicado técnicas de IA (*Machine Learning* y *Deep Learning*) para extraer información de esas imágenes. Del trabajo realizado, se ha concluido que las soluciones y redes abiertas no funcionan con precisión sobre las termografías, por lo que la base de datos térmica se ha utilizado para reentrenar estos modelos. Los resultados han sido considerablemente mejores, pudiendo detectar siluetas de cuerpo, rostros, reconocer y predecir características de los usuarios (como la edad, el sexo o el termotipo*), y lograr predicciones de confort térmico útiles para el diseño personalizado o el diagnóstico.

En el marco del proyecto TERMO 4D, financiado por el Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial (IVACE)

y cofinanciado por la Unión Europea, se han implementado metodologías innovadoras basadas en IR aplicando técnicas de IA en una base de datos de una amplia gama de cámaras, desde sistemas de alto coste y precisión para laboratorio (< 0.02K), hasta soluciones de bajo coste.

Esta base de datos IBV está compuesta por termogramas y secuencias térmicas, en un rango de temperatura de -5°C a +40°C, con diferentes prendas y posturas. El conjunto de datos de este estudio está compuesto por imágenes IR e imágenes visibles RGB (Rojo-Verde-Azul) de cámaras térmicas FLIR T650sc, FLIR A35, OPTRIX y el sensor de profundidad Intel RealSense. Para completar la información, también se han utilizado repositorios abiertos [3] (Tabla 1).

* Termotipo: Perfil térmico que caracteriza frioleros y calurosos, el efecto del género y/o la edad.

Cámara LWIR	Imágenes	Formato	Resolución pixels	Imágenes / usuario	N.º usuarios	N.º imágenes
FLIR T650sc	RGB & IR	*.jpeg	640x480 2592x1944	90	70	6500
FLIR T650sc	RGB	*.csq	640x480	18000	10	180000
FLIR A35	IR	*.yaml, *.gz	320x240	140	30	4200
OPTRIX	IR	*.yaml, *.gz	382x288	random	150	>5000
Intel Real Sense D435	RGB & NIR	*.png	1280x720	40	30	1200

Tabla 1

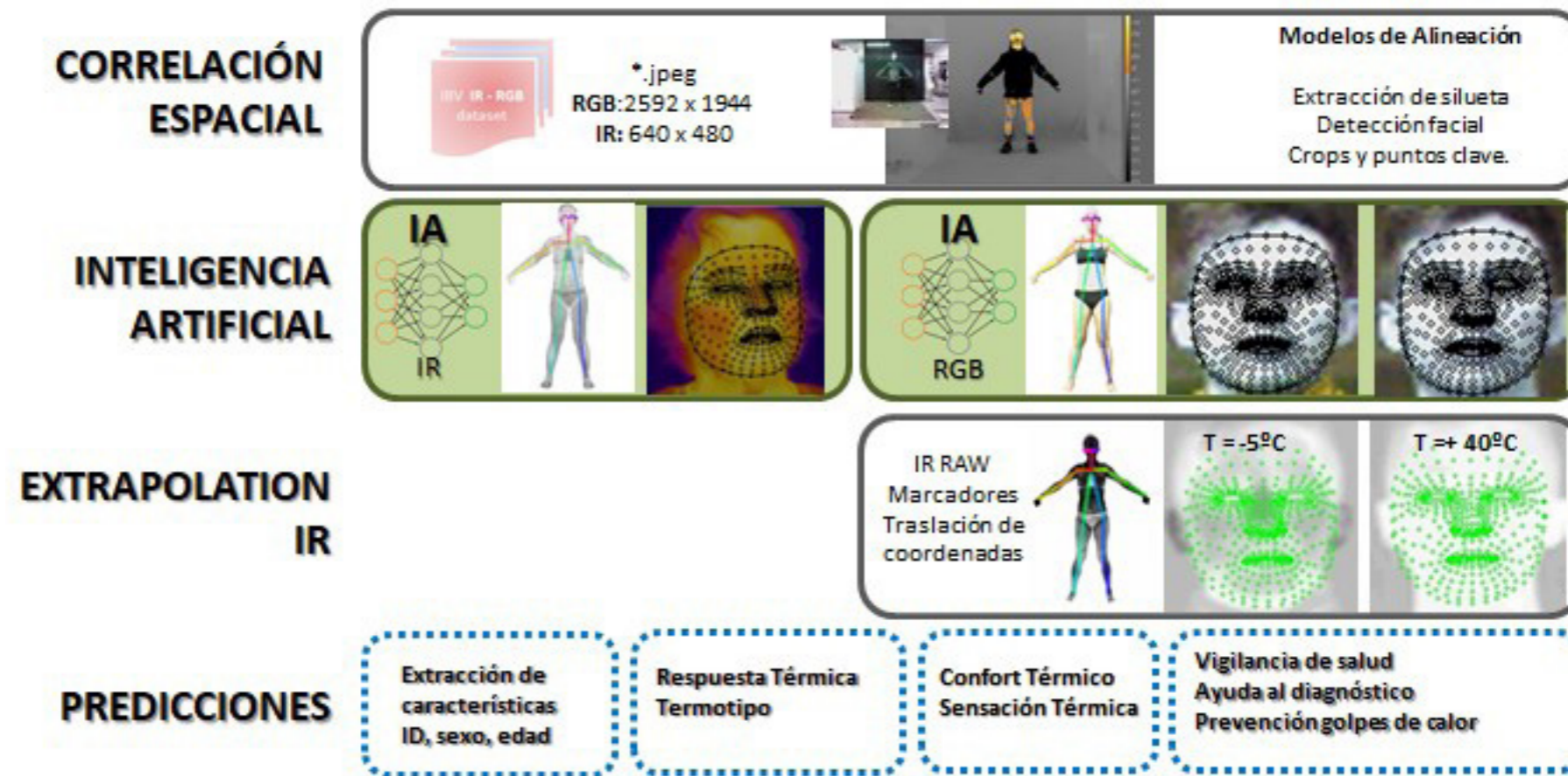
Colección de imágenes: cámaras, resolución, número de imágenes y muestra.



La metodología aplicada ha sido dual, por un lado, la aplicación de IA sobre imagen térmica y por otro lado la extrapolación de los resultados en imágenes fusionadas con información visible. La combinación de estas dos técnicas ha permitido utilizar un gran número de modelos para optimizar la información objetiva y subjetiva de los ensayos. La tabla 1 recoge la base de datos de entrenamiento utilizada y la figura 3 muestra el esquema de la metodología implementada.

Figura 3

Metodología, fusión de imágenes térmicas con técnicas de aprendizaje profundo (Deep Learning).





CONCLUSIONES

Un gran número de estudios han demostrado la utilidad de las imágenes térmicas para localizar inflamaciones, lesiones agudas o crónicas, o dolores en el cuerpo humano. Los algoritmos propuestos por el IBV, identifican al sujeto y miden automáticamente la temperatura en puntos clave predefinidos, posibilitando el rastreo de cambios en la temperatura de partes del cuerpo y permitiendo generar multitud de aplicaciones en el ámbito de la Salud.

El IBV está desarrollando diferentes aplicaciones relacionadas con la medición de los patrones de temperatura corporal, utilizando técnicas de visión e inteligencia artificial para aplicarlas en el campo de las imágenes térmicas de alta resolución con el objetivo de mejorar la salud y la calidad de vida de las personas. La figura 4 recoge algunos ejemplos de aplicaciones evaluadas, como asimetrías térmicas entre extremidades, patologías circulatorias periféricas, lesiones agudas o crónicas, o el efecto de la temperatura ambiente en los patrones regulatorios humanos.

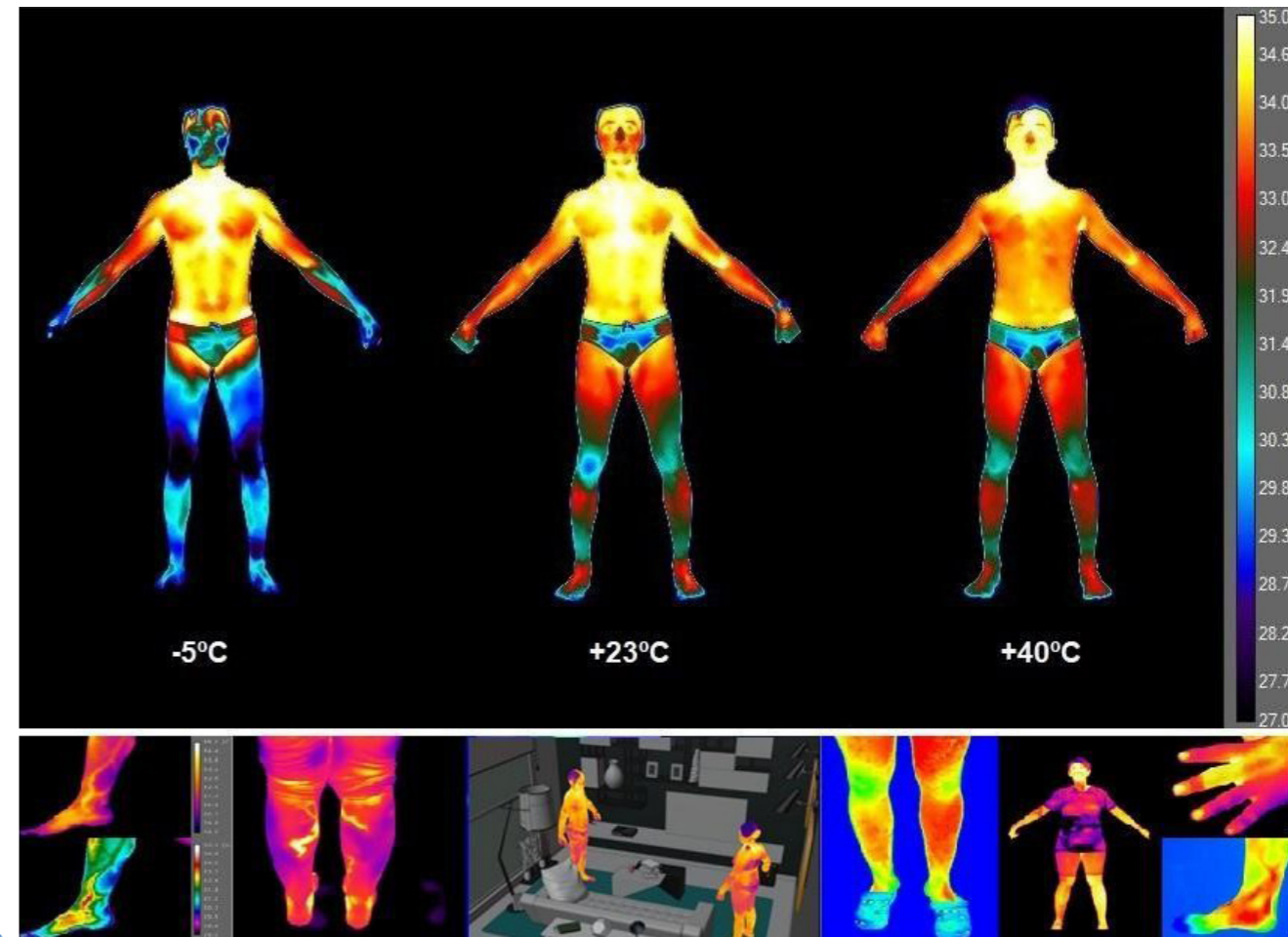


Figura 4

Respuesta térmica y sus aplicaciones: Bienestar, monitorización de la salud y confort térmico.



En el **campo de la Salud**, predecir la respuesta térmica de las personas e identificar cambios locales en el cuerpo asociados con una variación de temperatura facilita el diagnóstico de varices, infecciones faciales, inflamación debida a lesiones ocultas o concentración de grasa en el cuerpo. En el ámbito de la **Salud Laboral**, con el fin de proteger al personal de las empresas expuesto a estas altas temperaturas, se está estudiando la optimización de los procesos de análisis, para poder personalizarlos según las características del individuo, como por ejemplo la edad, el sexo o la respuesta fisiológica del cuerpo en determinadas condiciones laborales, que puedan suponer riesgos para la salud del trabajador como golpes de calor. □



Cofinanciado por
la Unión Europea

Agradecimientos

El IBV ha desarrollado estas investigaciones en el marco del proyecto TERMO 4D, en colaboración con empresas de sectores como el estético, el clínico o el de bienestar, entre otros, como son **BIOINICIA**, **BIONOS BIOTECH**, **STADLER**, **VENUE NETWORK**, **ANALOG DEVICES** y **VANESA VENDRELL ESTÉTICA**.

En el proyecto TERMO 4D (Ref. IMDEEA/2022/48) ha sido cofinanciado por el programa de ayudas del Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial (IVACE) dirigida a centros tecnológicos de la Comunidad Valenciana para el desarrollo de proyectos de I+D de carácter no económico realizados en colaboración con empresas, cofinanciado por la Unión Europea.

Referencias

- [1] Fournet, D., 2013; James, C. *et al.*, n.d.
- [2] Hildebrandt *et al.*, 2010
- [3] Nikisins *et al.*, 2014