

# Tecnologías Emergentes

## Tecnologías de visión térmica: futuro y capacidades del INTA para afrontarlo

**Autor: Juan Palacios Santos, Ingeniero Aeronáutico en el Departamento de Optoelectrónica y Misilística del Instituto Nacional de Tecnología Aeroespacial**

**Palabras clave: optoelectrónica, sistemas de visión IR, cámaras térmicas, IR, MWIR, LWIR, UNE-EN ISO/IEC 17025.**

**Líneas I+D+i ETID relacionadas: 3.2.1, 3.3.5, 5.1.3, 6.2.3, 7.2.1.**

### Introducción

Se denominan tecnologías de visión térmica aquellas que, con la finalidad de formar imágenes, detectan la radiación infrarroja (IR) emitida por los cuerpos en relación con su temperatura. Estas tecnologías permiten visualizar objetos en condiciones de baja visibilidad y de oscuridad, constituyendo, por tanto, un pilar básico del combate nocturno. Por el nivel de desarrollo que han alcanzado estas tecnologías y por su utilidad, se encuentran presentes en los sistemas de mejora de la conciencia situacional de vehículos terrestres, en los sistemas de vigilancia o en los sistemas de guiado de misiles, entre muchos otros.

Este artículo, describe brevemente, en primer lugar, los esfuerzos en I+D+i que está haciendo la industria en la

actualidad para construir el futuro de la visión IR y, en segundo lugar, da a conocer cómo ha mejorado el Departamento de Optoelectrónica y Misilística del INTA sus capacidades para la realización de actividades de aseguramiento de la calidad de las próximas adquisiciones de sistemas de visión IR de última generación, por parte de las Fuerzas Armadas (FAS).

### Futuro de las tecnologías de visión térmica

#### Reducción del SwaP

Hoy en día, donde más recursos está invirtiendo la industria de sistemas de visión térmica es en la reducción del tamaño, peso y potencia consumida (SWaP, por sus siglas en inglés) de sus productos. Esto, que es benefi-

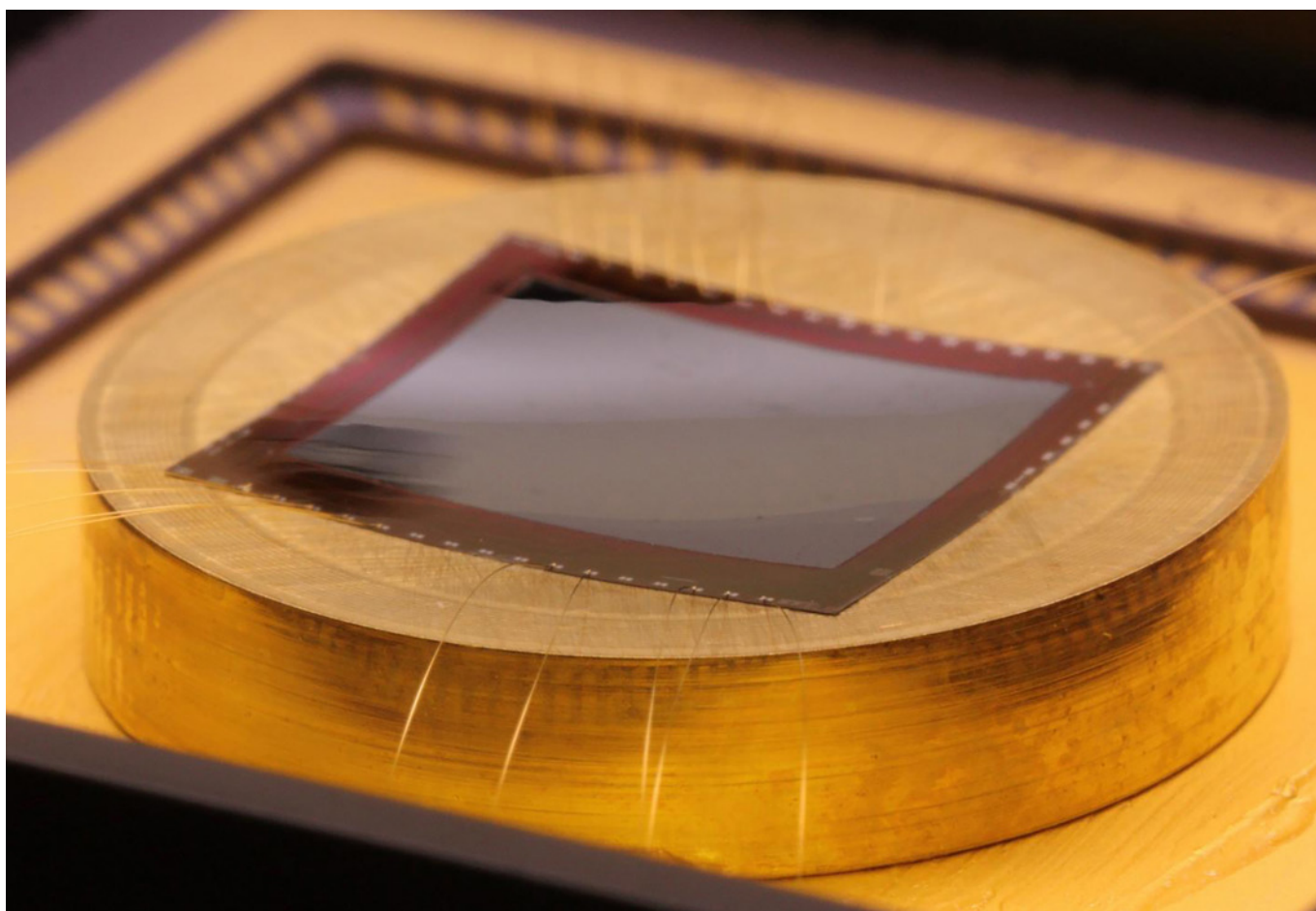


Figura 1. Sensor curvo. (Fuente: HRL Laboratories)

cioso de manera transversal a cualquier sistema de visión térmica, lo es especialmente para los sistemas electroópticos montados en vehículos aéreos no tripulados (*Unmanned Aerial Vehicles*, UAVs) o en municiones merodeadoras, en los cuales hay importantes restricciones de tamaño, peso y consumo. La reducción del SWaP también dará lugar a importantes mejoras en los sistemas de visión nocturna portátiles, utilizados por el combatiente como, por ejemplo: binóculos, monóculos y visores térmicos; haciéndolos más cómodos y ligeros para los desplazamientos y dotándolos de una mayor autonomía.

Una de las técnicas más efectivas para disminuir el SWaP, y que se viene

del coste de cualquier sistema de visión térmica de media y larga distancia.

También en la línea de reducir el SWaP se encuentra el intenso desarrollo de los sensores de temperatura de operación alta o sensores HOT (acrónimo de *High Operation Temperature*). Estos sensores, a diferencia de los sensores refrigerados comunes que tienen temperaturas de operación de 77°K o inferiores, requieren temperaturas mucho mayores con el consecuente ahorro energético que ello conlleva. Además, esta tecnología permitirá que se reduzca el tamaño y el peso de los dispositivos refrigeradores y aumente su vida media [2]. Un ejemplo de sensor HOT

se está investigando también en la fabricación de sensores con curvatura [3], como el que se puede observar en la figura 1, y flexibles.

### **Incrementar el rango dinámico y aumentar la velocidad de adquisición de imágenes**

Por otro lado, los fabricantes de sistemas de visión IR también están invirtiendo en el desarrollo de cámaras y sensores con un rango dinámico y una velocidad de toma de imágenes cada vez mayor. Esto permitirá, por una parte, tener imágenes con mayor detalle en escenas en las que hay diferencias de temperatura muy grandes y, por otra parte, capturar fenómenos más rápidos. Desde el punto

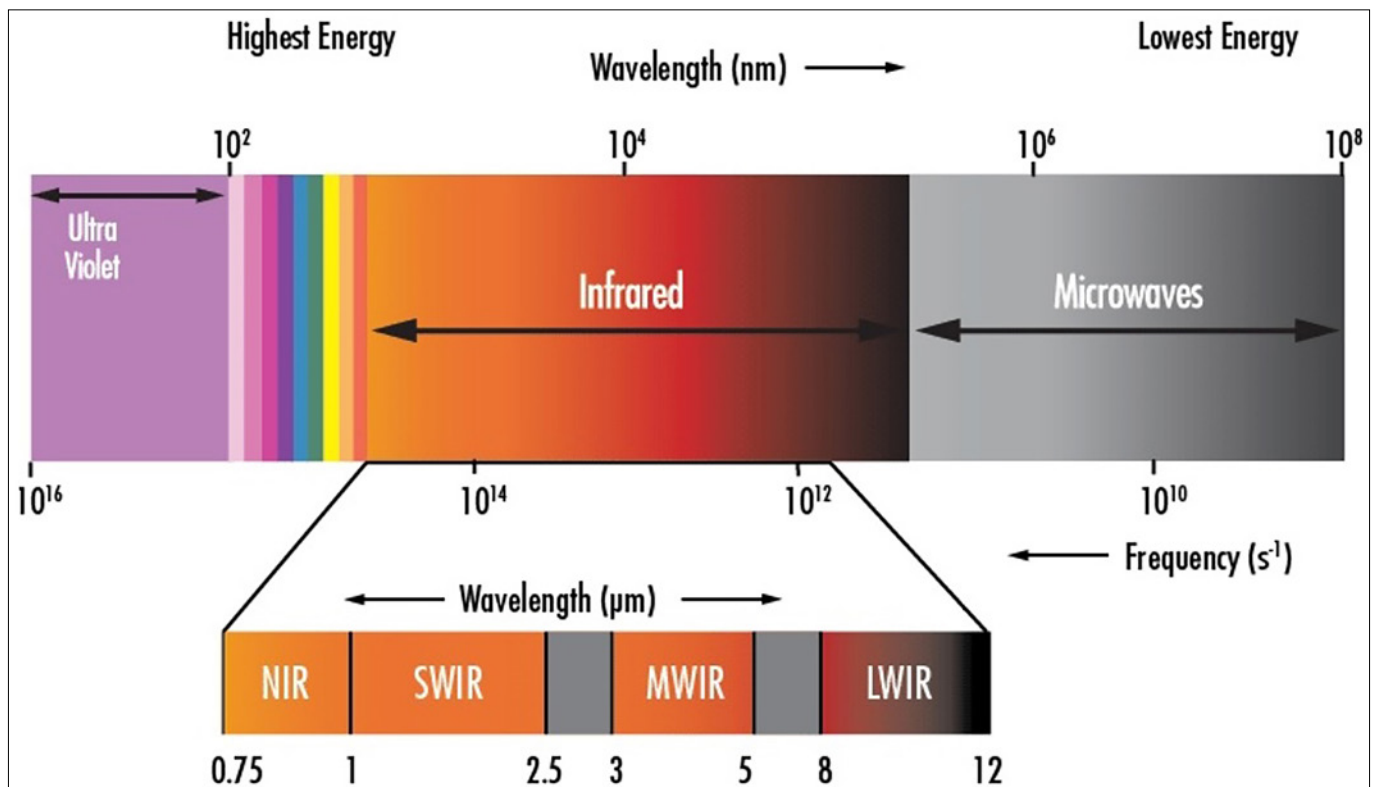


Figura 2. Espectro infrarrojo. (Fuente: Edmund Optics)

implementando desde el nacimiento de las tecnologías de imagen térmica, es la de disminuir el tamaño de los píxeles [1]. La reducción del tamaño de los píxeles, además de mejorar la resolución espacial de estos sistemas, permite que se pueda reducir el tamaño y consumo de los dispositivos de refrigeración de los sensores, así como el tamaño de la óptica que, por estar fabricada en germanio, representa una parte muy importante

para visión en el infrarrojo de onda media (MWIR) es el fabricado en nBn que, a temperaturas de operación de entre 130 y 155°K, tiene unas prestaciones similares a las de un sensor de antimonio de indio (InSb) operando a 80 °K.

Con la finalidad de reducir el número de lentes de la óptica necesarias para corregir las aberraciones y, por tanto, el precio y coste de los dispositivos,

de vista de la defensa, la mejora de estas dos características sería muy interesante, por ejemplo, para alertadores de misiles basados en IR.

### **Sensores multispectrales**

La radiación IR para los sistemas de interés de defensa, en función de su longitud de onda, y como se puede observar en la figura 2, se clasifica en [4]:

## Tecnologías emergentes

- Infrarrojo cercano (*Near Infrared, NIR*);
- Infrarrojo de onda corta (*Short wave Infrared, SWIR*);
- Infrarrojo de onda media (*Medium wave Infrared, MWIR*);
- Infrarrojo de onda larga (*Long wave Infrared, LWIR*).

Cada banda del IR tiene sus ventajas y sus desventajas [5]; los dispositivos que ven en las bandas NIR y SWIR producen imágenes con un nivel de detalle similar al que se aprecia en el rango visible y son baratos, sin

las imágenes generadas no tienen un nivel de detalle alto. Un único sensor capaz de detectar radiación en distintas longitudes de onda simultáneamente y que, por tanto, explote los beneficios de la visión en cada banda o extraiga información espectral, también parece que será una realidad en los sistemas electroópticos del futuro.

Una potencial aplicación de esta tecnología de sensores es la detección de minas. Y es que pueden detectar los cambios en la emisividad del suelo que, por el efecto *reststrahlen*,

### Incorporación de la inteligencia artificial

Con el aumento de la potencia de cálculo se espera que los sistemas de visión térmica del futuro incorporen algoritmos basados en inteligencia artificial (IA) que mejoren la efectividad, fiabilidad y precisión de estos equipos haciendo de ellos, por tanto, herramientas más útiles para la defensa.

Los sistemas de visión térmica se encuentran limitados por factores como el ruido, la baja resolución y

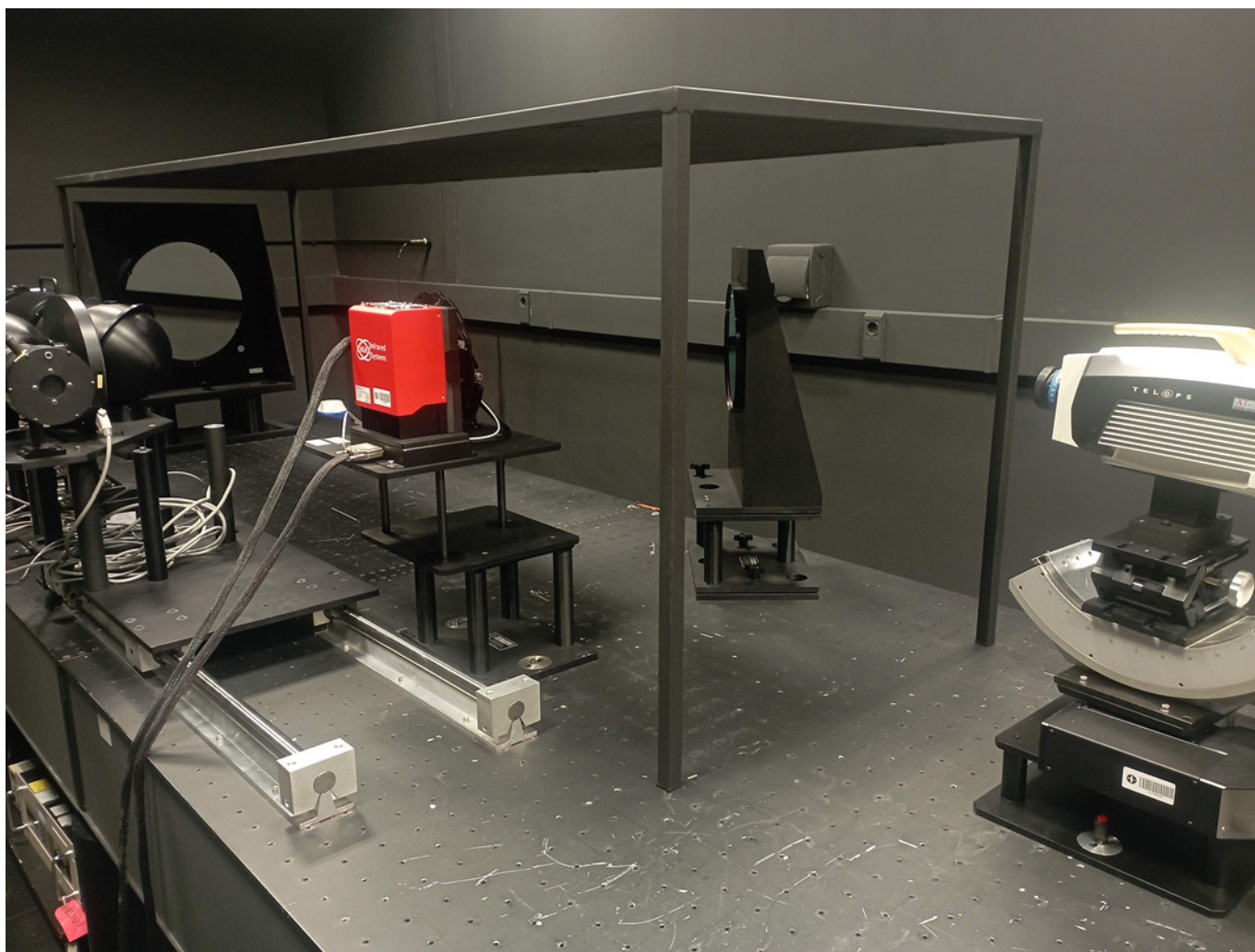


Figura 3. Banco ISITE actualizado. (Fuente: elaboración propia)

embargo, no ven la radiación emitida por el cuerpo, sino el reflejo de una fuente exógena (sol, luna, estrellas, fuente de luz externa, etc.); los sistemas de visión MWIR y LWIR, si bien detectan la radiación emitida directamente por el cuerpo y, por tanto, pueden ver objetos en completa oscuridad, son dispositivos caros y

se produce a consecuencia del enterramiento de una mina [6]. En el ámbito militar, el desarrollo de estos sensores también podría contribuir a la mejora de las tecnologías actuales de identificación de objetivos, de alertadores de misil, o de reducción del desorden de fondo (*clutter*), entre otras funciones.

la interferencia con otras fuentes de radiación. Una de las formas en las que se espera que la IA impacte en la próxima generación de cámaras térmicas es mediante la mejora de la calidad de imagen. Y es que la aplicación de algoritmos de IA ayudará a generar imágenes con menor ruido y mayor resolución.

La incorporación de la IA a estos dispositivos permitirá que no solo sean capaces de captar la realidad que los rodea, sino también de interpretarla. Esto será útil en tareas de vigilancia, ya que estos algoritmos permitirán la detección e identificación automática de objetos, facilitando así una respuesta rápida y efectiva a potenciales amenazas. Combinada con la fusión de datos provenientes de otros sensores, la IA proporcionará además una imagen más completa y precisa del campo de batalla, mejorando de esta manera la toma de decisiones y la conciencia situacional.

Otro de los campos en los que la IA está encontrando una amplia aplicación es en el ámbito del mantenimiento predictivo. La aplicación de algoritmos de IA a los datos provenientes de diversos sensores, incluidos en estos dispositivos, permitirá implementar estrategias para conocer cuando es probable que falle el dispositivo o que necesite algún tipo de mantenimiento. Así, se tendrán dispositivos más fiables con periodos de inactividad por fallos o mantenimiento con un menor impacto en las operaciones.

## Capacidades del INTA para afrontar el futuro en visión térmica

Considerando lo expuesto hasta ahora, se espera que en el futuro los sistemas de visión IR aumenten su relevancia como tecnología para defensa y para la industria en general. Como respuesta a este reto, y para realizar ensayos para las FAS o cualquier organismo público o empresa del sector privado que lo solicite, se ha llevado a cabo la renovación del banco de ensayos de sistemas de visión en IR (I-SITE), perteneciente al Departamento de Optoelectrónica y Misilística de la Subdirección de Sistemas Terrestres del INTA. Con dicha renovación se ha dotado al banco con las últimas tecnologías para poder realizar ensayos en sistemas de visión IR muy diversos: con focales pequeñas propias de sistemas de visión de corta/media distancia, pero también, gracias a su espejo colimador de gran

focal, con focales muy grandes habituales en sistemas de vigilancia; de gran tamaño y peso, y también más compactos; y, además, también se pueden realizar ensayos de sistemas con interfaces mecánicas y con conexiones muy diversas. Concretamente, en el nuevo I-SITE, se pueden realizar medidas de mínima diferencia de temperatura resoluble (MRTD), sensibilidad (NETD, NEP y NEI), campo de visión (FOV), función de transferencia de modulación (MTF), focal y distorsión del sistema, ruido en 3D, etc., así como, implementar correcciones de no uniformidad y de *bad pixels*.

Como garantía de integridad y calidad en la realización de ensayos en los sistemas de visión IR, recientemente se ha comenzado el proceso de acreditación del banco I-SITE, según la norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2017, de requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. El alcance de dicha acreditación, cuyo proceso de obtención se espera haber concluido satisfactoriamente para finales del año 2023, incluirá el ensayo de MRTD de acuerdo con la norma STANAG 4349, el de NETD, los de focal y FOV, así como, el de MTF, y el de ruido 3D.

## Conclusiones

Los sistemas de visión térmica tienen un impacto muy alto en la operatividad del combatiente por representar el sentido de la vista en múltiples circunstancias. Ello hace que sea fundamental que las Fuerzas Armadas (FAS) se doten de las tecnologías de visión IR más modernas. En el repaso que se hace en este artículo a lo que representará el futuro de la tecnología IR en los próximos años, se comprueba que nos encontramos ante una tecnología ya madura que aparentemente no va a experimentar cambios disruptivos a nivel de *hardware* en los próximos años. En este aspecto, los sistemas de visión IR del futuro serán más compactos, ligeros y con mejores prestaciones en términos de velocidad de adquisición y rango dinámico que los actuales. Es

a nivel de *software*, con el aumento de la capacidad de procesado de los sistemas y la incorporación de los avances en procesado de imagen, inteligencia artificial y fusión sensorial a las tecnologías de visión IR, donde hay mayor potencial innovador. Se espera que en el futuro los sistemas de visión IR estén dotados de nuevas funcionalidades que mejoren la calidad de sus imágenes, interpreten la realidad que captan y aumenten su fiabilidad.

Todo lo mencionado anteriormente, acompañado de la progresiva disminución de precios, hará que su relevancia en el campo de batalla aumente gradualmente. Por ello, y con la finalidad de atender a las necesidades en materia de adquisiciones y calidad de nuestras Fuerzas Armadas, desde el departamento de optoelectrónica y misilística del INTA se ha llevado a cabo recientemente la renovación del banco I-SITE de ensayos de sistemas de visión IR, y, además, este se encuentra inmerso en el proceso de acreditación de algunas medidas, según la norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2017.

## Bibliografía

- [1] Bhan, R. K., y Dhar, V. (2019). *Recent infrared detector technologies, applications, trends, and development of HgCdTe based cooled infrared focal plane arrays and their characterization*. *Opto-Electronics Review*, 27 (2), pp.174-193.
- [2] Lee, H. J., et al. (2021). *Surface leakage current reduction of InAsSb nBn MWIR HOT detector via hydrogen peroxide treatment*. *Infrared Physics & Technology*, 112, 103597.
- [3] *Solid state curved focal plane arrays*. *Google patents*. Disponible en: <https://patents.google.com/patent/US7786421>
- [4] Gaussorgues, G., y Chomet, S. (1993). *Infrared thermography* (Vol. 5). *Springer Science & Business Media*.
- [5] Chrzanowski, K. (2010). *Testing thermal imagers*. *Warsaw, Poland, Military University of Technology*.
- [6] Makki, I. (2017). *Hyperspectral imaging for landmine detection* (Doctoral dissertation, POLITECNICO DI TORINO).