

# Tecnologías Emergentes

## Imagen térmica espacial, esencial para aplicaciones de defensa

Autores: Dr. Luis José Salazar-Serrano, Aistech Space; Dr. David Paredes Barato, Aistech Space; Josep Pino Guimerá, Aistech Space

Palabras clave: satélite, imagen térmica, defensa, Aistech Space

Metas Tecnológicas relacionadas: MT 3.5.6.; MT 2.3.1.

### Introducción

Aistech Space es una compañía global de inteligencia geoespacial fundada en 2015 que tiene como misión la generación de información de valor a sus diversos clientes a través de la fusión y análisis de datos. Los modelos matemáticos desarrollados por su equipo de aplicaciones se alimentan con imágenes satelitales de diferentes fuentes, así como de información obtenida a través de sensores ubicados en tierra con el objetivo de ofrecer una visión global de la situación a los actores implicados.

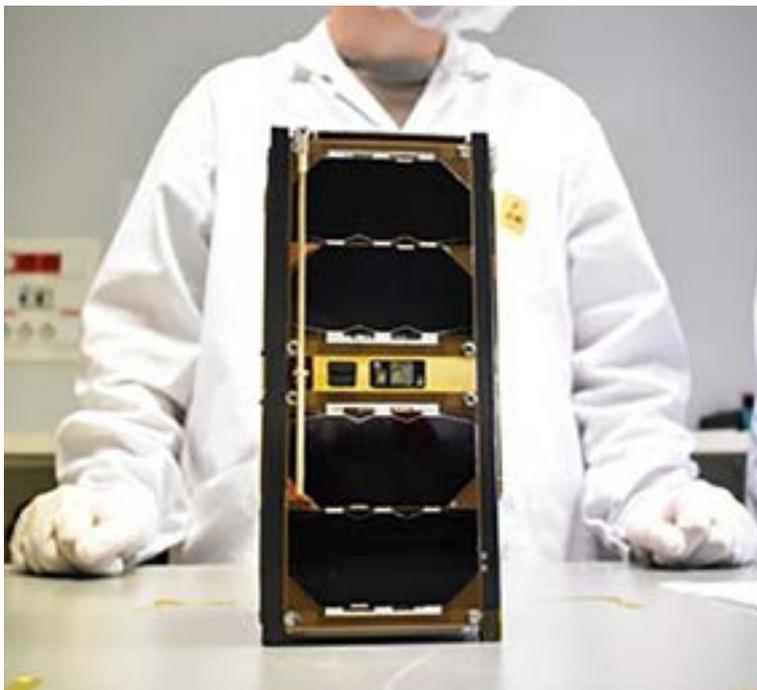


Fig. 1. Aistechsatsat-2 integrado y listo para su lanzamiento el pasado diciembre de 2018. Aistechsatsat-3 dentro de la cámara de termovacío previo a su lanzamiento en abril de 2019. (Fuente: Aistech Space)

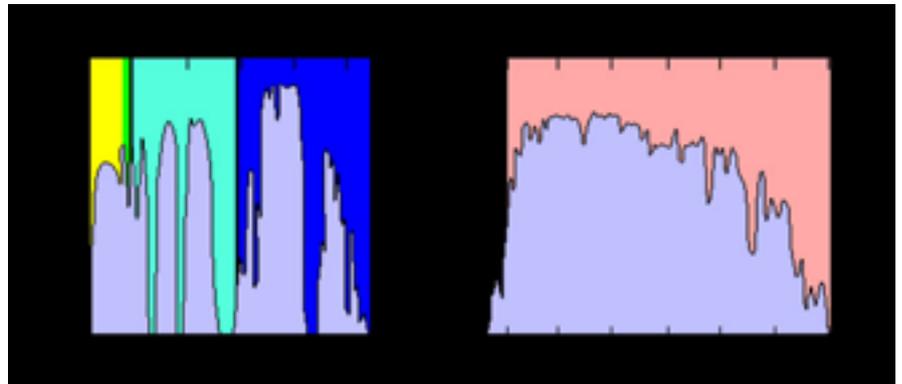


Fig. 2: Transmitancia de la atmósfera. (Fuente: Wikipedia)

Actualmente la compañía tiene 2 satélites en órbita y otros 6 en diferentes estadios de diseño e integración.

Los planes a futuro de la compañía son continuar lanzando satélites hasta alcanzar una constelación de 120 en un plazo de 3 a 4 años que permita obtener imágenes multispectrales en los rangos visible (VIS) (0.4  $\mu\text{m}$  - 0.7  $\mu\text{m}$ ), infrarrojo cercano (NIR) (0.8  $\mu\text{m}$  - 0.9  $\mu\text{m}$ ) y térmico (TIR / LWIR) (8.0  $\mu\text{m}$  - 12.0  $\mu\text{m}$ ), de cualquier punto de la Tierra en prácticamente tiempo real. Cabe resaltar que Aistech Space ya tiene cerrada la coordinación de frecuencias con la ITU.

### ¿En qué consiste la imagen térmica?

El espectro electromagnético comprende todas las ondas electromagnéticas con frecuencias que se extienden desde los pocos Hertz hasta alrededor de  $10^{25}$  Hertz, o de manera equivalente, correspondientes a longitudes de onda desde miles de kilómetros hasta una fracción de un núcleo atómico. Dicho espectro se divide en regiones conocidas como bandas, donde cada una tiene características particulares definidas a partir de la forma en que se generan, el modo en que interactúan con la materia, y por lo tanto la manera en que se detectan, y sus aplicaciones prácticas.

En lo que respecta a la observación de la Tierra se tienen las siguientes bandas de interés, definidas principalmente por las ventanas de transmisión de la atmósfera terrestre, donde se minimizan los efectos de absorción atmosférica: visible (VIS), infrarrojo cercano, infrarrojo de onda corta, infrarrojo de onda media e infrarrojo de onda larga o térmico.

Se denomina radiación térmica a la radiación electromagnética emitida por un cuerpo debido a su temperatura. Esta radiación se genera por el movimiento térmico de las partículas cargadas que hay en la materia. Como resultado, todos los cuerpos (salvo uno cuya temperatura se encuentre prácticamente en el cero absoluto) emiten radiación debido a este efecto, siendo su intensidad dependiente de la temperatura y de la longitud de onda considerada.

## ¿Qué puede aportar a Defensa la imagen térmica?

La radiación térmica, al contrario que otros procesos como la conducción y la convección en los que el calor se transfiere a través de la materia, es un proceso de transferencia de energía que también se propaga a través del vacío. Esto nos permite obtener información sobre la temperatura de los objetos de manera remota, por ejemplo, utilizando satélites.

Además, la radiación en esta región del espectro electromagnético está dominada, para un amplio rango de condiciones operativas, por la propia emisión térmica de los cuerpos bajo observación. Esto permite, en contraste con la imagen visible, la detección de estos cuerpos de noche, independientemente de la iluminación solar.

Existen dos productos estándar que se derivan de las observaciones de la radiación térmica: la temperatura de la superficie del mar y temperatura de la superficie terrestre. Estos productos nos permiten, por ejemplo, pensar en aplicaciones de seguridad en fronteras, así como en la detección y prevención de contrabando; la observación de un contraste de temperatura en una zona aproximadamente homogénea como puede ser la superficie del mar puede ser indicativo de presencias no declaradas en la zona. Además, esta información puede ser usada para estimar el estado de actividad de un objetivo, dado que muchas actividades industriales generan calor, y puede ser observado y cuantificado de manera remota. A estas aplicaciones debemos añadir las excelentes capacidades del térmico en la detección y monitorización de incendios, así como la posterior evaluación de daños, tareas importantes en la gestión de, y respuesta a, emergencias.

Sin embargo, la información derivada de las imágenes térmicas no se limita a estas variables; el térmico nos permite distinguir entre materiales diferentes que podrían ser confundidos en las bandas del visible o del infrarrojo cercano. Esto nos permite, por ejemplo, distinguir entre diferentes tipos de rocas que conforman un terreno, así como una mejora en la distinción entre materiales que se observan en una escena.

Asimismo, la emisión térmica puede estar afectada por las condiciones de humedad del territorio. Esta información puede ser usada a nivel operativo para dar respuesta a emergencias como inundaciones, y su relevancia a nivel estratégico puede ser crucial para la determinación de la traficabilidad de un área determinada.

## Telescopio Multiespectral Aistech Space

El telescopio multiespectral, MST por sus siglas en inglés, es una carga útil óptica destinada a la observación de la Tierra que permite la adquisición de imágenes en tres canales espectrales de manera simultánea allí donde la transmitancia atmosférica es mayor al 60% (ver Figura 2). En la primera

versión del MST el sistema permite adquirir imágenes en los rangos visible, infrarrojo cercano y térmico.

El telescopio ha sido diseñado para ser integrado en un nanosatélite de seis unidades (6U), donde cada unidad corresponde a un volumen de 10 cm x 10 cm x 10 cm. Como se presenta en la figura 2, el sistema completo ocupa un espacio correspondiente a tres unidades (3U) y requiere un único punto de anclaje y de alimentación, lo que lo convierte en una carga de pago bastante flexible ya que puede utilizarse en una gran variedad de misiones.

En lo que respecta a las características técnicas del telescopio multiespectral en su primera versión, en la siguiente tabla se presentan las más relevantes:

Canales espectrales	3 (VIS, NIR, LWIR)
Tamaño	9.5 cm x 9.5 cm x 27.0 cm
Masa	2500 g
Consumo potencia	11 W
Rango de temperatura (operacional)	[-35°C,+30°C]
Campo de visión (FOV)	1°
Swath @ 550 km	8 km
GRD (VIS/NIR)	10 metros
GRD (LWIR)	70 metros

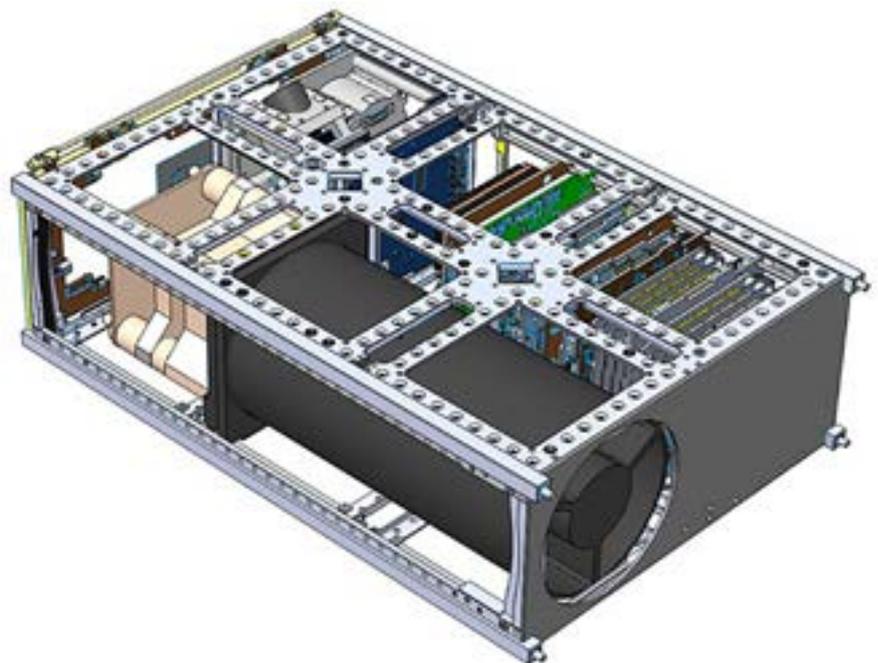


Fig. 3: Telescopio Multiespectral integrado en una estructura de seis unidades. (Fuente: Aistech Space)



Figura 4. Vista de Madrid. (Fuente: Google maps)

forma se mueve en su órbita hasta alcanzar una banda de 8 kilómetros de ancho por 100 kilómetros de largo. En el segundo modo, se busca explotar las técnicas disponibles de post-procesado de imágenes conocidas como súper-resolución e hiper-resolución. En este caso, se busca captar imágenes de la misma región de interés con variaciones de perspectiva de tal forma que al procesar una gran cantidad de imágenes similares es posible generar una única imagen con mejor resolución espacial. Finalmente, el tercer modo aplica al caso donde la plataforma pasa muy cerca (pero no por encima) de la región de interés. En este modo, se gira un poco la plataforma respecto a la dirección de la órbita con el objetivo de barrer la zona de interés.

### Ejemplo de uso: detección de incendios

Además de la resolución espacial, hay otro parámetro de importancia a la hora de diferenciar elementos en una escena: el NETD (*Noise Equivalent Temperature Difference*). Este parámetro, también conocido como diferencia de temperatura equivalen-

Asumiendo que el satélite se encuentra a una altitud de 550 kilómetros, cada captura del telescopio abarca un área de 8 km x 6.4 km. Como referencia, en la figura 3 se muestra el área correspondiente a una captura en Madrid. La resolución, definida a partir del criterio de *Ground Resolution Distance* [1], depende de la longitud de onda de la luz y por lo tanto de la banda utilizada para generar la imagen. Con la configuración actual, se espera tener para el caso del visible o del infrarrojo cercano una resolución de 10 metros mientras que para el térmico solamente una resolución de 70 metros.

Teniendo en cuenta que el satélite no pasará siempre exactamente por encima de la zona de interés, la plataforma está diseñada para permitir

que el sistema óptico opere en tres modos de operación denominados: *Nadir Pointing*, *Enhanced Resolution* y *Angle Pointing*.

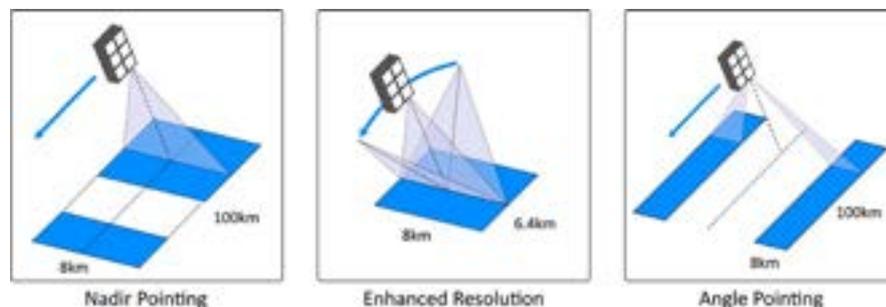


Fig. 5: Modos de operación MST. (Fuente: Aistech Space)

En el primer modo de operación, el sistema captura de manera secuencial imágenes a medida que la plata-

te de ruido, es una medida de qué tan bien un detector de imágenes térmicas puede distinguir entre diferencias muy pequeñas en la radiación térmica que llega al plano de la imagen. Esta cantidad, en combinación con la resolución espacial, permite determinar el tipo de objetivos que pueden identificarse con el instrumento óptico; en general, cuanto más pequeño es el objetivo, más grande debe ser su diferencia de temperatura con respecto al medio ambiente para ser detectada.

Veamos lo anterior con un ejemplo: Consideremos una región de 10 x 10 metros cuadrados que se encuentra a una temperatura 600°C

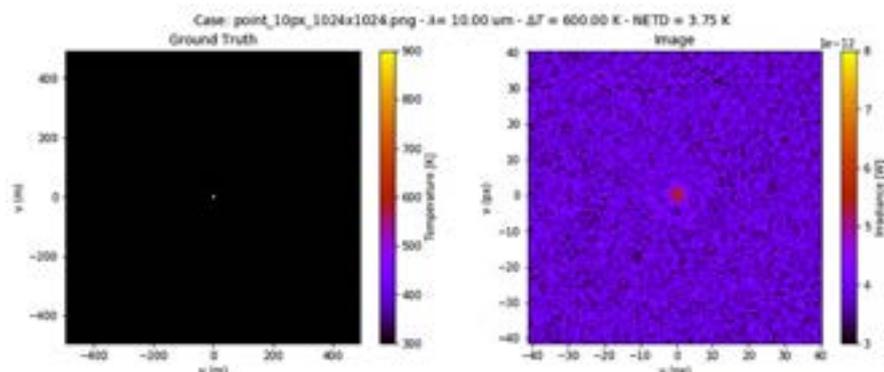


Fig. 6: Ejemplo de imagen adquirida canal térmico MST. (Fuente: Aistech Space)



Fig. 7. Detección de incendios zona Chandebrito (Pontevedra). (Fuente: Google maps)

para detectar potenciales fuentes de incendios.

Volviendo a la misma zona de Chandebrito, en la figura 9 se superpone la señal sintética del MST para una diferencia de tan solo 60°C.

## Conclusiones

En este artículo hemos hecho un repaso de las particularidades de la teledetección en la banda térmica. Las más importantes son la capacidad de captar imágenes aun en condiciones de nula iluminación, lo cual posibilita la imagen nocturna; así como la estimación de la temperatura de los cuerpos y el entorno, lo cual permite obtener información sobre su estado de actividad.

Estas propiedades podrían resultar de interés a nivel estratégico, táctico y operativo, posibilitando la generación de inteligencia y su aplicación en diferentes ámbitos de seguridad y defensa, yendo desde la detección de incendios, a la estimación de trafabilidad, pasando por la localización de potenciales actividades ilegales.

Las imágenes tomadas por el telescopio espacial de Aistech Space, que está desplegando una constelación de satélites para observación de la Tierra en banda térmica, podrían ser adecuadas para este tipo de aplicaciones gracias a sus características de alta resolución espacial y elevada frecuencia temporal. Y junto con otras fuentes de datos, permitirían una valiosa generación de inteligencia geoespacial

## Referencias

- [1] Basic spatial resolution metrics for satellite imagers, Álvaro Q. Valenzuela and Juan Carlos G. Reyes, SENSORS-25063-2019
- [2] [https://www.lavozdegalicia.es/noticia/vigo/vigo/2019/08/17/google-muestra-estragos-ola-incendios-2017-montes/0003\\_201908V17C1991.htm#](https://www.lavozdegalicia.es/noticia/vigo/vigo/2019/08/17/google-muestra-estragos-ola-incendios-2017-montes/0003_201908V17C1991.htm#)

Aistech Space, Calle Esteve Terradas 1,110. 08860 Castelldefels, Barcelona, España.

por encima de la temperatura ambiente (*ground truth* en la figura 6). Asumiendo los parámetros ópticos del MST y que el satélite se encuentra a 550 km, en la parte derecha de la figura 6 se observa la imagen sintética donde claramente se observa que puede identificarse la región caliente a pesar de que la resolución espacial es 70 m.

Podemos poner estos datos en un contexto geográfico: en la figura 7

que registraría el sensor térmico del MST.

Alteraremos el ejemplo anterior para obtener una estimación sobre el efecto de diferentes parámetros: aumentaremos el área de la región caliente de 100 x 100 metros cuadrados, pero reduciremos la diferencia de temperatura en un factor 10 - es decir, solamente 60°C. De este modo, en la figura 8 se observa que el incendio se detecta más fácil-

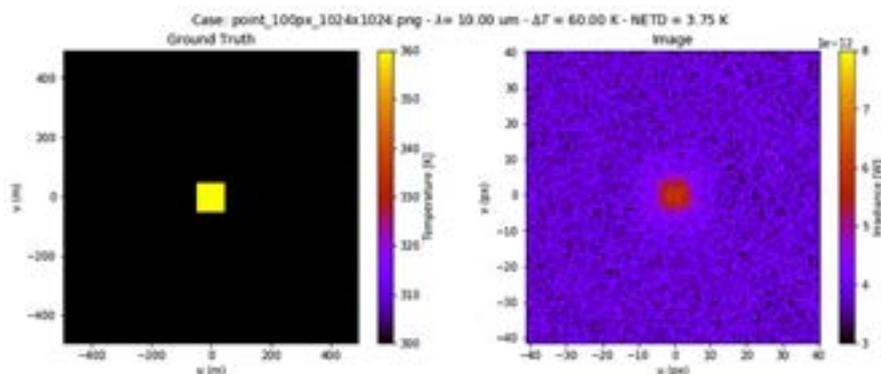


Fig. 8: Ejemplo de imagen adquirida canal térmico MST. (Fuente: Aistech Space)

se representa la zona de Chandebrito que fue fuertemente golpeada por los incendios forestales en 2017 [2]. En la figura central se indica el tamaño del incendio, y en la de la derecha se observa la señal

mente ya que el área es mayor. Por lo tanto, teniendo en cuenta que la diferencia de temperatura respecto al medio ambiente en un incendio es bastante superior a los 300°C, este tipo de escenarios es bastante útil



Fig. 9. Detección de incendios zona Chandebrito (Pontevedra). (Fuente: Google maps)