

Sobrino, J.; Rodríguez-Alija, A.; Vidal-Urriza, M.; Moreno, S.; Pascual de la Torre, L.; Romero, J.; Sánchez-Labrador, R.; Branca, F.; de Miguel Llanes, E.; Carretero, L.; Bobichon, Y.; Auruškevičius, M.; Proud, S.; Paskeviciute-Kidron, A.; Perrino, A.; Schifano, L.; Skokovic, D.; Llorens, R. SIRIUS: Una misión candidata al programa SCOUT de la ESA en el infrarrojo térmico para la caracterización del entorno urbano

SIRIUS: Una misión candidata al programa SCOUT de la ESA en el infrarrojo térmico para la caracterización del entorno urbano

Sobrino, José Antonio ¹ Rodríguez-Alija, Alfonso ² Vidal-Urriza, María A. ² Moreno, Sergio ² Pascual de la Torre, Luis ² Romero, Jose ² Sánchez-Labrador, Roberto ² Branca, Federico ² de Miguel Llanes, Eduardo ³ Carretero, Laura ³ Bobichon, Yves ⁴ Auruškevičius, Mantas ⁵ Proud, Simon ⁶ Paskeviciute-Kidron, Agne ⁶ Perrino, Adriana ⁶ Schifano, Luca ⁶ Skokovic, Drazen ¹ Llorens, Rafael ¹

¹ Unidad de Cambio Global, Laboratorio de Procesado de Imágenes, Universidad de Valencia. 4698 0 Paterna (Spain),

² Thales Alenia Space España, 28760 Tres Cantos (Spain)

³ Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA), 28850 Torrejón de Ardoz (Spain)

⁴ Thales Alenia Space (TAS), 06156 Cannes La Bocca (France)

⁵ Kongsberg NanoAvionics UAB LT-08142 Vinius (Lithuania)

⁶ European Space Agency (ESA), 2201 AZ Noordwijk (The Netherlands)

ORCID: Sobrino 0000-0003-3787-9373 Rodríguez-Alija 0009-0005-6615-5616 de Miguel Llanes 0000-0001-5284-5388 Carretero 0000-0001-5587-4707 Bobichon 0009-0000-2121-7565 Proud 0000-0003-3880-6774 Schifano 0000-0001-6191-7822 Skokovic 0000-0001-7103-9138 Llorens 0000-0002-1973-3437

Correspondencia: sobrino@uv.es alfonso.rodriguezaliija@thalesalieniaspace.com maria-andrea.vidal-urriza@thalesalieniaspace.com sergio.moreno@thalesalieniaspace.com luis.pascual@thalesalieniaspace.com jose.romeroperez@thalesalieniaspace.com roberto.sanchez-labrador@thalesalieniaspace.com federico.branconcati@thalesalieniaspace.com demiguel@inta.es carreteroml@inta.es yves.bobichon@thalesalieniaspace.com mantas.auruskevicius@nanoavionics.com Simon.Proud@esa.int Agne.Paskeviciute-Kidron@esa.int Adriana.Perrino@ext.esa.int Luca.Schifano@esa.int drazen.skokovic@uv.es rafael.llorens@uv.es

RESUMEN

SIRIUS es una misión candidata al programa SCOUT de la ESA concebida para avanzar en la comprensión de los procesos de la Isla de Calor Urbana (UHI) mediante adquisiciones nocturnas repetibles sobre ciudades seleccionadas y observaciones multiangulares con geometría de visión controlada. La misión se basa en un satélite pequeño y ágil equipado con un sensor compacto no refrigerado (Smart-TIRI) con tres bandas en el infrarrojo térmico centradas en 8.85, 10.6 y 12.0 μm , lo que permite la estimación conjunta de la temperatura y la emisividad de la superficie (LST/LSE) mediante el algoritmo de separación temperatura-emisividad (TES). Con un muestreo espacial de 64 m y un ancho de barrido de aproximadamente 64 km, SIRIUS generará productos específicamente orientados al análisis de la UHI desde el Nivel L1 hasta el Nivel L3 (LST/LSE, SUHI, UTFVI, detección de puntos calientes e índice de Discomfort térmico), en complementariedad con las misiones térmicas LSTM, TRISHNA y SBG.

Palabras clave: Isla de Calor Urbana; infrarrojo térmico; temperatura de la superficie terrestre; emisividad; TES; SCOUT.


Fecha de recepción: 18 febrero 2026 · Fecha de aceptación: 19 febrero 2026

SIRIUS: Una misión candidata al programa SCOUT de la ESA en el infrarrojo térmico para la caracterización del entorno urbano


Sobrino, José Antonio ⁽¹⁾, Rodríguez-Alija, Alfonso ⁽²⁾, Vidal-Urriza, María A. ⁽²⁾, Moreno, Sergio ⁽²⁾, Pascual de la Torre, Luis ⁽²⁾, Romero, Jose ⁽²⁾, Sánchez-Labrador, Roberto ⁽²⁾, Branca, Federico ⁽²⁾, de Miguel Llanes, Eduardo ⁽³⁾, Carretero, Laura ⁽³⁾, Bobichon, Yves ⁽⁴⁾, Auruškevičius, Mantas ⁽⁵⁾, Proud, Simon ⁽⁶⁾, Paskeviciute-Kidron, Agne ⁽⁶⁾, Perrino, Adriana ⁽⁶⁾, Schifano, Luca ⁽⁶⁾, Skokovic, Drazen ⁽¹⁾, Llorens, Rafael ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Unidad de Cambio Global, Laboratorio de Procesado de Imágenes, Universidad de Valencia. 4698 0 Paterna (Spain).

 0000-0003-3787-9373, sobrino@uv.es ;  0000-0001-7103-9138, drazen.skokovic@uv.es

 0000-0002-1973-3437, rafael.llorens@uv.es

⁽²⁾ Thales Alenia Space España (Spain).

 0009-0005-6615-5616, alfonso.rodriuezalija@thalesalieniaspace.com

maria-andrea.vidal-urriza@thalesalieniaspace.com; sergio.moreno@thalesalieniaspace.com


luis.pascual@thalesalieniaspace.com ; jose.romeroperez@thalesalieniaspace.com

roberto.sanchez-labrador@thalesalieniaspace.com ; federico.branconcati@thalesalieniaspace.com

⁽³⁾ Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA) Torrejón de Ardoz (Spain).

 0000-0001-5284-5388, demiguel@inta.es ;  0000-0001-5587-4707, carreteroml@inta.es.


⁽⁴⁾ Thales Alenia Space (TAS), 06156 Cannes La Bocca (France)


 0009-0000-2121-7565, yves.bobichon@thalesalieniaspace.com

⁽⁵⁾ Kongsberg NanoAvionics UAB LT-08142 Vinius (Lithuania).

mantas.auruskevicius@nanoavionics.com.

⁽⁶⁾ European Space Agency (ESA), AZ Noordwijk (The Netherlands).

 0000-0003-3880-6774, simon.proud@esa.int ; agne.paskeviciute-kidron@esa.int.

adriana.perrino@ext.esa.int;  0000-0001-6191-7822, luca.schifano@esa.int.

Resumen: SIRIUS es una misión candidata al programa SCOUT de la ESA concebida para avanzar en la comprensión de los procesos de la Isla de Calor Urbana (UHI) mediante adquisiciones nocturnas repetibles sobre ciudades seleccionadas y observaciones multiangulares con geometría de visión controlada. La misión se basa en un satélite pequeño y ágil equipado con un sensor compacto no refrigerado (Smart-TIRI) con tres bandas en el infrarrojo térmico centradas en 8.85, 10.6 y 12.0 μm , lo que permite la estimación conjunta de la temperatura y la emisividad de la superficie (LST/LSE) mediante el algoritmo de separación temperatura-emisividad (TES). Con un muestreo espacial de 64 m y un ancho de barrido de aproximadamente 64 km, SIRIUS generará productos específicamente orientados al análisis de la UHI desde el Nivel L1 hasta el Nivel L3 (LST/LSE, SUHI, UTFVI, detección de puntos calientes e índice de Disconfort térmico), en complementariedad con las misiones térmicas LSTM, TRISHNA y SBG.

Palabras clave: Isla de Calor Urbana; infrarrojo térmico; temperatura de la superficie terrestre; emisividad; TES; misión SCOUT.

SIRIUS: A Candidate ESA SCOUT mission in the thermal infrared for the characterization of the urban environment

Abstract: SIRIUS is a Candidate ESA SCOUT mission conceived to advance the understanding of Urban Heat Island (UHI) processes through repeatable night-time acquisitions over selected cities and multi-angle observations with controlled viewing geometry. The mission relies on a small agile satellite carrying a compact uncooled imager (Smart-TIRI) with three longwave infrared (LWIR) bands centred near 8.85, 10.6, and 12.0 μm , enabling the joint retrieval of land surface

temperature and emissivity (LST/LSE) through the temperature–emissivity separation (TES) algorithm. With 64 m spatial sampling and an approximately 64 km swath, SIRIUS will deliver products specifically tailored to UHI analysis from Level 1 to Level 3 (LST/LSE, SUHI, UTFVI, hot spot detection, and discomfort index), complementing the LSTM, TRISHNA, and SBG thermal missions.

Keywords: Urban Heat Island; thermal infrared; land surface temperature; emissivity; TES; Scout mission.

1. INTRODUCCIÓN

Las misiones térmicas actuales no cubren plenamente las necesidades científicas para estudiar la Isla de Calor Urbana (UHI) a la escala espacial, temporal y angular requerida (Sobrino *et al.*, 2012). Sistemas como Sentinel-3 ofrecen continuidad global, pero con una resolución insuficiente para analizar la variabilidad intraurbana, mientras que misiones de mayor resolución (Landsat, ECOSTRESS o la futura LSTM) no están diseñadas para realizar observaciones nocturnas repetibles con geometría de visión controlada sobre ciudades específicas. Sin un muestreo angular sistemático, los efectos direccionales asociados a la complejidad tridimensional urbana introducen incertidumbres significativas en la estimación de la temperatura y la emisividad de la superficie, así como en la comparación entre sensores.

SIRIUS surge para cubrir ese vacío observacional (Sobrino *et al.*, 2016). Concebida como una misión SCOUT ágil y orientada en la ciencia, proporcionaría observaciones térmicas nocturnas de alta resolución (~64 m), con revisita diaria sobre ciudades seleccionadas y capacidad de adquisición angular controlada. Esta combinación permitirá cuantificar y modelizar la anisotropía térmica urbana, reducir los sesgos asociados a la geometría de observación en la estimación de LST/LSE y reforzar la comparabilidad de los productos entre misiones.

SIRIUS complementará a LSTM, TRISHNA y SBG al aportar observaciones nocturnas repetibles y capacidad multiangular específicamente orientadas al estudio del entorno urbano.

La justificación de SIRIUS se apoya en tres pilares: relevancia científica, al abordar procesos clave de la UHI y la dependencia angular de la señal térmica; urgencia social, al proporcionar información esencial para la adaptación al calor extremo y la planificación urbana; e innovación tecnológica, al demostrar un concepto térmico compacto, de bajo coste y optimizado para observación nocturna, que puede orientar futuras capacidades operacionales.

2. OBJETIVOS

Los objetivos científicos de la misión SIRIUS son los siguientes:

2.1. Comprensión del fenómeno de la Isla de Calor Urbana

SIRIUS tiene como objetivo principal mejorar la comprensión de la UHI y su impacto en los microclimas urbanos mediante observaciones térmicas nocturnas de

alta resolución y revisita diaria. La misión proporcionará estimaciones robustas de temperatura y emisividad (LST/LSE), optimizadas para superficies urbanas heterogéneas, permitiendo analizar la magnitud, persistencia y estructura espacial de la UHI, así como apoyar la validación de modelos de balance energético y estrategias de mitigación.

2.2. Cuantificación y modelización de la anisotropía térmica urbana

SIRIUS permitirá caracterizar los efectos direccionales de la señal térmica en entornos urbanos complejos mediante adquisiciones off-nadir controladas a lo largo de la traza orbital. Este enfoque facilitará la cuantificación de la anisotropía térmica, la mejora de los algoritmos de separación temperatura–emisividad y la reducción de sesgos asociados a la geometría de observación, fortaleciendo la coherencia y comparabilidad de los productos térmicos urbanos.

2.3. Oportunidades científicas adicionales

Además de su foco urbano, SIRIUS ofrecerá oportunidades complementarias de alto valor científico:

- **Criósfera:** seguimiento de variabilidad térmica a corto plazo en permafrost, glaciares y hielo marino mediante observaciones nocturnas de alta resolución.
- **Ecosistemas acuáticos:** análisis de anomalías térmicas en aguas costeras e interiores, apoyando el estudio de procesos de estratificación, mezcla y estrés térmico.
- **Contaminación térmica antropogénica:** detección y monitorización de vertidos térmicos industriales y urbanos en entornos acuáticos.
- **Modelización direccional avanzada:** desarrollo y validación de modelos anisotrópicos mediante adquisiciones multiángulo sobre superficies homogéneas y heterogéneas, incluyendo estudios coordinados con otras misiones.

En conjunto, SIRIUS combina observación térmica nocturna de alta resolución, muestreo angular y flexibilidad operativa para generar un conjunto de datos único orientado tanto a la investigación fundamental como a aplicaciones en sostenibilidad y resiliencia climática.

3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y TECNOLOGÍA DEL SENSOR

SIRIUS es un microsatélite con una vida operativa prevista de al menos tres años. Tiene unas dimensiones

aproximadas de 658 × 641 × 546 mm en configuración plegada y 2571 × 598 × 508 mm en configuración desplegada, con una masa total de lanzamiento de 128 kg. La plataforma se basa en el modelo MP42 de Kongsberg NanoAvionics, e integra componentes y subsistemas con herencia de vuelo (Figura 1). La misión operará en una órbita heliosíncrona a 561 km de altitud, con un tiempo local de paso descendente nocturno entre las 22:00 y las 24:00 horas.

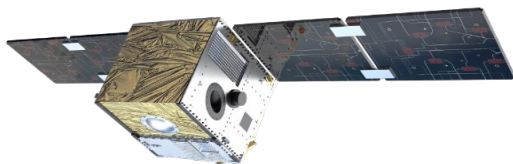


Figura 1. Representación del satélite SIRIUS con el instrumento SMART-TIRI y la plataforma MP42 en configuración desplegada.

La carga útil está compuesta por un único instrumento térmico de alta resolución, Smart-TIRI, diseñado para la observación urbana nocturna en el infrarrojo térmico. Opera en la ventana atmosférica de 8–12 μm y adquiere datos en tres bandas espectrales centradas en 8.85 μm , 10.6 μm y 12.0 μm . Incorpora un detector no refrigerado, optimizado para bajo consumo, estabilidad radiométrica y una arquitectura compacta, adecuada al contexto de una misión SCOUT. El sistema óptico está diseñado para una resolución espacial de aproximadamente 64 m y una anchura de barrido cercana a 64 km (véase la Tabla 1).

Tabla 1. Especificaciones técnicas de la misión SIRIUS.

Parámetros de la misión	Bandas TIR
Bandas espectrales	8.85 μm 10.60 μm 12.00 μm
Incertidumbre LST	< 2 K
Sensibilidad LST (NEdt)	< 0.5 K
Precisión en la co-registración banda a banda	< 0.5 píxeles
Campo de vista (FoV) instantáneo en tierra	64 m x 64 m
Relación Señal-Ruido (SNR)	110 180 180
Ancho de barrido	64 km
Niveles de productos para los usuarios	L1, L2 (LST/LSE) & L3

Desde el punto de vista científico, Smart-TIRI permitirá la estimación conjunta de la Temperatura de la Superficie Terrestre (LST) y de la Emisividad (LSE) mediante algoritmos de Separación Temperatura-Emisividad (TES). La combinación de estabilidad instrumental, coherencia radiométrica y capacidad multiangular hace de SIRIUS un demostrador científico y tecnológico de una nueva generación de misiones térmicas de bajo coste orientadas al estudio de la sostenibilidad urbana.

La validación futura de los productos incluirá campañas específicas, y, cuando proceda, comparaciones con observaciones de otras misiones térmicas, con el fin de evaluar la calidad de los productos LST/LSE y de los productos derivados de Nivel 3.

4. PRODUCTOS

En el Nivel 1, SIRIUS proporcionará radiancias calibradas y corregidas geoméricamente, junto con la correspondiente temperatura de brillo. En el Nivel 2 se generarán la temperatura y la emisividad de la Superficie Terrestre (LST/LSE) mediante técnicas de Separación Temperatura-Emisividad (TES), apoyadas en productos intermedios como parámetros atmosféricos y detección de nubes. En el Nivel 3 se derivarán productos orientados al análisis de la Isla de Calor Urbana, incluyendo la Surface Urban Heat Island (SUHI) (Sobrino e Irakulis, 2020), el Urban Thermal Field Variance Index (UTFVI) (Sobrino e Irakulis, 2020), los Urban Hot Spots (UHS) (Portela *et al.* 2020) y el índice de discomfort térmico (DI) (Thom, 1959) (Tabla 2).

Tabla 2. Productos de Nivel 3 de la misión SIRIUS.

Nombre del producto	Datos de entrada	Fórmula
SUHI	Sintética 100m LST, límite urbano	$LST_{urb} - LST_{rur}$
UTFVI	Sintética 100m LST, máscara urbana	$1 - \frac{LST_{urb-mean}}{LST}$
UHS	Sintética 100m LST, límite urbano	$LST > LST_{mean} + 2 * LST_{stdev}$
DI	Sintética 100m LST, ERA5 humedad relativa	$LST - (0.55 - 0.0055 * RH) * (LST - 14.5)$

Un ejemplo de estos productos puede observarse en las siguientes figuras obtenidas mediante simulación SIRIUS a partir de una imagen ECOSTRESS del 27 de junio de 2025. En la Figura 2 se muestra la imagen de temperatura y las zonas de referencia alrededor de la ciudad de Madrid de acuerdo con Sobrino e Irakulis (2020).

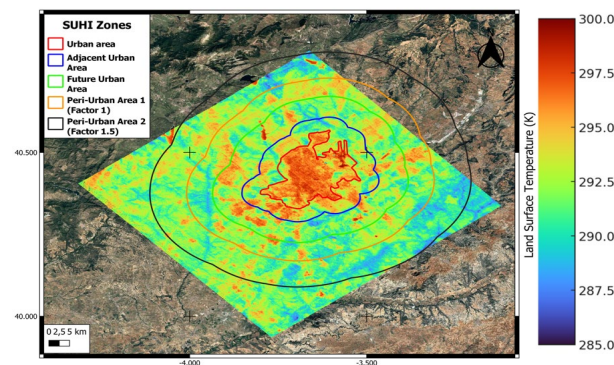


Figura 2. Imagen de temperatura obtenida a partir de una imagen simulada de SIRIUS para la ciudad de Madrid el 27 de junio de 2025 a las 01:42 UTC.

La Figura 3 muestra la intensidad de la SUHI calculada como la diferencia entre la temperatura de cada píxel urbano y la temperatura media de una zona rural

representativa. La referencia rural se selecciona en un área homogénea y representativa del entorno, situada a una altitud similar a la ciudad para minimizar sesgos topográficos. Se alcanzan diferencias de hasta 10 K.

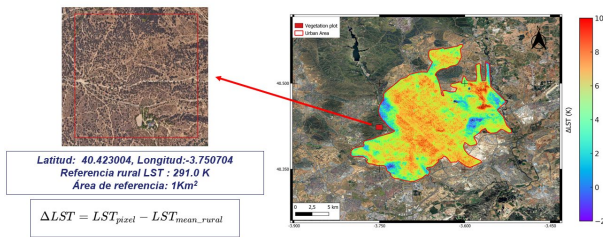


Figura 3. Mapa de diferencias de temperatura (ΔLST) entre cada píxel urbano de Madrid y la referencia rural, correspondiente al 27 de junio de 2025 a las 01:42 UTC.

Por último, en la Figura 4 se muestran los valores del índice UTFVI para la ciudad de Madrid.

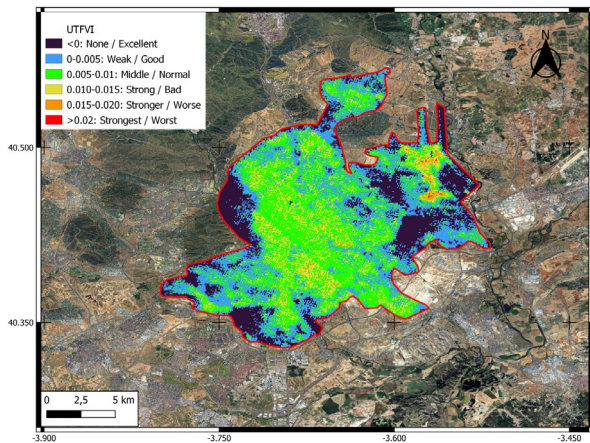


Figura 4. Valores del índice UTFVI obtenidos a partir de la imagen simulada de SIRIUS para Madrid.

5. CONCLUSIONES

SIRIUS se concibe como una misión científica orientada a cubrir una limitación crítica de la teledetección térmica actual: la ausencia de observaciones nocturnas sistemáticas de alta resolución con geometría de visión controlada sobre entornos urbanos. Su combinación de muestreo espacial fino (~64 m), revisita diaria y capacidad de adquisición angular controlada proporciona un marco observacional único para el estudio riguroso de la Isla de Calor Urbana (UHI).

La misión permitirá avanzar en la comprensión física de los procesos térmicos urbanos, reducir sesgos asociados a la geometría de observación en la estimación de LST y LSE, y mejorar la comparabilidad de los productos térmicos.

Los productos de Nivel 3, como SUHI, UTFVI, UHS e Índice de Discomfort, proporcionarán indicadores operativos y científicamente trazables para el análisis espacial del estrés térmico urbano, con aplicaciones

directas en modelización climática urbana, planificación territorial y evaluación de estrategias de mitigación.

Además de su objetivo principal en el ámbito urbano, SIRIUS ofrecerá oportunidades científicas adicionales en criósfera, ecosistemas acuáticos y modelización direccional avanzada, ampliando su impacto más allá del contexto estrictamente urbano.

En conjunto, SIRIUS representa un demostrador científico y tecnológico dentro del marco SCOUT, aportando un conjunto de datos térmicos de alta calidad, específicamente diseñado para fortalecer la base observacional para el estudio del clima urbano y la resiliencia frente al calentamiento global.

Como misión Scout de la ESA, SIRIUS seguirá la política de acceso abierto y gratuito a los datos de observación de la Tierra.

6. AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido financiada por la Agencia Espacial Europea (ESA), Contrato N.º. 4000148022/25/NL/CT, Second Scout Cycle: System Consolidation Studies.

7. REFERENCIAS

- Gillespie, A., Rokugawa, S., Matsunaga, T., Cothorn, J.S., Hook, S., and Kahle, A., "A temperature and emissivity separation algorithm for Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) images", *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, 36 (4), 1113-1126 (1998). <https://doi.org/10.1109/36.700995>
- Portela, KG Massi, T Rodrigues, E Alcántara. "Impact of urban and industrial features on land surface temperature: Evidences from satellite thermal indices". *Sustainable Cities and Society*, 2020, 56, 102100. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102100>
- Sobrino, J.A. and Irakulis, I. (2020). A methodology for comparing the surface urban heat island in selected urban agglomerations around the world from sentinel-3 SLSTR Data, *Remote Sensing*, 12(12), p. 2052. <https://doi.org/10.3390/rs12122052>.
- Sobrino, J. A., Fabio Del Frate, Matthias Drusch, Juan C Jiménez-Muñoz, Paolo Manunta, Amanda Regan. 2016. "Review of thermal infrared applications and requirements for future high-resolution sensors". *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 54 (5), 2963-2972.
- Sobrino J.A, Oltra-Carrió R., Sòria G., Bianchi R., Paganini M. (2012). "Impact of spatial resolution and satellite overpass time on evaluation of the surface urban heat island effects". *Rem. Sens. Environ.* 117 50–56. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.04.042>.
- Thom, E.C. The Discomfort Index. *Weatherwise* 1959, 12, 57–61