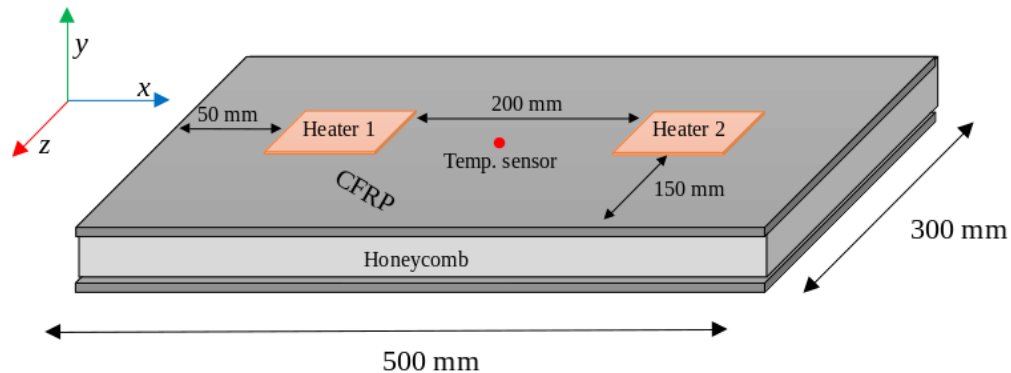


Ejercicio de conducción de calor

Un satélite cuenta con un panel estructural de material compuesto tipo “sándwich”, con un núcleo de aluminio con forma de panal hexagonal (Honeycomb) de 15 mm de espesor y dos láminas exteriores de CFRP (Carbon Fiber Reinforced Plastic), cada una de 2.5 mm de espesor. Durante la operación nominal, el entorno y la disipación de los elementos de este panel aseguran el cumplimiento de los requisitos de temperatura.

Sin embargo, en modo supervivencia, no hay disipación de los elementos y la temperatura del entorno es más baja que la de los requisitos, por lo que se debe hacer uso de heaters no operativos (o de supervivencia). Los heaters son láminas de Kapton con una resistencia interna que permite disipar 50 W en cada uno. Tienen un tamaño 100x100 mm y están adheridos a una de las caras del panel, tal como se muestra en el dibujo. El panel está anclado a la estructura del satélite, que se encuentra a una temperatura de 0 °C, por los lados cortos. Los lados largos del panel se pueden considerar aislados.



Material	Densidad [kg/m ³]	Capacidad térmica específica [J kg ⁻¹ K ⁻¹]	Conductividad térmica [W m ⁻¹ K ⁻¹]		
			x	y	z
CFRP	1650	930	130	1.0	130
Honeycomb	40	890	0.7	1.5	0.7

Se pide para los distintos casos planteados calcular de forma numérica y analítica (si fuese posible) el perfil de temperatura estacionario, la temperatura máxima y la temperatura marcada por el sensor.

Para los siguientes apartados considérese que los heaters están situados tanto en la cara superior como la inferior del panel y que se extienden por todo el lado corto, por lo que es asumible una distribución de temperatura unidimensional.

- 1) Suponiendo que la disipación se reparte homogéneamente en todo el panel.
- 2) Poniendo la disipación en la zona donde están situados los heaters.

Considérese ahora las pérdidas de calor por radiación al interior del satélite, que se modela como un cuerpo negro a 0 °C. La emisividad del CFRP es 0.8.

- 3) Linealizando la transferencia de calor por radiación con la temperatura del sensor calculada en el apartado anterior. Opcional: Resolver numéricamente por diferencias finitas el problema estacionario sin linealizar la radiación.
- 4) Partiendo del panel a la temperatura del entorno ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$) calcule la evolución transitoria del perfil de temperatura y en cuánto tiempo se alcanza el estado estacionario. Utilízese la fórmula no linealizada para la transferencia de calor por radiación.
- 5) Los heaters de supervivencia se suelen implementar con un control tipo termostato. Si el termostato está configurado para que los heaters disipen si la temperatura del sensor es menor que $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ y que se apaguen cuando supera los $12\text{ }^{\circ}\text{C}$, calcule la evolución cíclica de la temperatura del panel. ¿Cuál es la potencia media consumida?
- 6) OPCIONAL. Calcule la distribución de temperaturas bidimensional (xy) estacionaria. En este caso se recupera la configuración real de los heaters, localizados únicamente en una de las caras del panel. Compare el perfil de temperaturas de la cara superior e inferior con el perfil obtenido en el apartado 3 o 4.
- 7) OPCIONAL. Calcule la distribución de temperaturas tridimensional estacionaria. Considere en este caso el tamaño real de los heaters. Compare la distribución bidimensional (xy) de la parte central y el borde con la obtenida en el apartado 6.