

Denise Estrada-Wiese y Jesús Antonio del Río

Instituto de Energías Renovables - Universidad Nacional Autónoma de México

- ¡UN FANTASMA, auxilio, un fantasma! ¡Sálvese quien pueda! ¡fantaasmaa!

Tan rápido como le permitía su pierna mala, Don Óscar iba corriendo por el pasillo de los laboratorios. Era temprano y aún había poca gente trabajando, así que le sorprendió mucho a Mariana encontrarse con tal escándalo a las 8:00 am.

- Don Óscar... Don Óscar, pero ¿qué le sucedió? ¡Tranquílcese!

Ella trataba de sostener del brazo al usualmente tranquilo intendente para que dejara de correr. Jadeante se paró al lado de Mariana; pero, Don Óscar, estaba demasiado asustado para percatarse de la presencia de Mariana. Pasaron algunos segundos que parecieron minutos y, finalmente, Don Óscar cansado se acercó a Mariana y le advirtió:

- Marianita, no vaya usted a entrar nunca más a ese laboratorio, ¡hay un fantasma! Jesús, María y José.

- Don Óscar, debo entrar al laboratorio, ahí trabajo y hago mis experimentos, pero... venga siéntese en esta banquita y cuénteme qué sucedió.

Obediente, tomó asiento y comenzó a contarle la segunda peor experiencia de su vida (la primera fue el día de su boda cuando lo persiguió un perro rabioso por toda la iglesia).

El fantasma captado por la cámara termográfica

Don Óscar estaba en el laboratorio de Termografía trapeando al son de las cumbias, que retumbaban en sus oídos alambrados a su celular, como cualquier otro día. Le gustaba limpiar esa gran sala llena de aparatos de diferentes tamaños con cables y herramientas por todos lados. A veces, cuando estaba aburrido imaginaba alternativas de los usos de esos aparatos y también inventaba ideas de las posibles investigaciones que llevaban a cabo las científicas de ese lugar. Él se había percatado que Mariana se sentaba en el escritorio de la esquina y a veces pasaba horas frente a su computadora escribiendo en el teclado y observando imágenes en la computadora, haciendo cálculos -le había dicho alguna vez-; otras veces la veía armando diferentes objetos para un experimento en la mesa donde está esa cámara grande, la que hace mucho ruido.

Precisamente sobre esa misma mesa está la pantalla de la computadora donde Don Óscar vio el fantasma.

EL FANTASMA



FIGURA 1. Así podemos ver con nuestros ojos la caja gris, capturado con una cámara de celular.

Ya más sereno y con la respiración casi normal le dijo:

- Estaba limpiando la mesa y sin querer toqué el ratón de la computadora. El movimiento hizo que se prendiera la pantalla y pude ver que la cámara ruidosa estaba prendida y conectada a la computadora. Así como me platicó el otro día. Me asomé a ver hacia donde estaba apuntando la cámara y me di cuenta de que solo se veía la columna con la caja gris (ver Figura 1). Puse enfrente de la cámara mi mano y pude ver hasta los vellos de mis dedos, igual como me enseñó usted señorita Mariana.

Después de un profundo suspiro continuo:

- Después de un ratito me di cuenta que tenía que apurarme así que seguí trapeando enfrente de la caja gris, y ahí fue cuando mire a la computadora y vi al fantasma. Un espectro de color naranja... ¿existen los fantasmas naranjas? yo solo sabía de los blancos.

Don Óscar se llevó las manos a la cabeza y suspirando la miró a los ojos.

- ¡Estaba el fantasma enfrente de mi Marianita, ahí saliendo de la columna!

- Pero ¿qué fue exactamente lo que vio? -preguntó Mariana escéptica.

- Pues con su cámara ruidosa señorita, en la pantallita vi a un fantasma como si fuera un espectro de hombre de color naranja, estaba enfrente de la caja de la columna. Volteé hacia todos lados y no había nadie más que yo... ¡nadie! -exclamó Don Óscar persignándose.

Mariana, suspiró muy aliviada y por fin entendió lo que había sucedido.

- ¡Ay caramba!, pero que susto me dio Don Óscar. Usted no vio un fantasma, ya sé lo que vio. Fue el reflejo de usted mismo en la caja (ver Figura 2).

- Pero cómo el reflejo... si la columna y la caja no son espejos. ¡Ay estos científicos! Ustedes a veces dicen muchas loqueras.

La luz y el concepto de longitud de onda

- Pero no son loqueras mi querido Don Óscar, déjeme explicarle exactamente qué pasó, pero primero tenemos que entender algunos conceptos muy importantes. Mire, en el universo existe luz o propiamente dicho: radiación electromagnética de muchos tipos. Cada tipo se caracteriza por tener una longitud de onda diferente. ¿Usted sabe qué es una longitud de onda?

Don Óscar, rascándose la barbilla, negó saberlo y Mariana siguió explicando:

- La luz se propaga en el espacio como una onda, así como las ondas que se forman en un lago al tirar una piedra. Podemos representar las ondas como olas, así como este dibujo.

Con su dedo Mariana dibujó sobre la banca polvosa un dibujo como el mostrado en la Figura 3 y explicó que una longitud de onda es la medida de la distancia entre dos máximos o dos mínimos de una onda.

- Entonces, al conjunto de todos los tipos de radiación con longitudes de

onda diferentes se le llama espectro electromagnético (ver Figura 4). Las ondas de radio, por ejemplo, tienen una longitud de onda que puede variar de 1 cm hasta 1 km. Por otro lado, la luz que tiene longitudes de onda entre 400 y 700 nm (1 nm= 0.00000001 m) es la única radiación que pueden detectar nuestros ojos. Eso quiere decir que la mayor parte del espectro electromagnético ni siquiera lo podemos ver.

Don Óscar mirando todo a su alrededor exclama admirado:

- ¡Ay Marianita!, eso sí que no lo sabía. Hay muchísima radiación que no vemos entonces, esa es como si fuera luz de fantasmas... buhhh.

- ¡Ja ja ja! Sí podría decirse. De hecho, el supuesto fantasma que usted vio fue el reflejo de la radiación infrarroja que emite su cuerpo en la caja de la columna. Aunque no podemos ver este tipo de radiación con nuestros ojos si lo podemos detectar con ayuda de una cámara termográfica, la cámara ruidosa como usted le llamó.

- ¿Recuerda que vio la imagen del supuesto fantasma en la pantalla?

- Si, si, ahí se veía claramente el hombre naranja, o bueno - con un tono de incredulidad-, según usted ahí me veía yo mismo.

- Venga, vamos adentro del laboratorio para que le muestre cómo funciona la cámara.

Mirando cautelosamente, levantándose hacia el laboratorio de termografía, el intendente caminó lentamente y ambos se dirigieron al laboratorio, mientras Mariana seguía explicando.

- La radiación infrarroja es un tipo de radiación muy especial, ya que es emitida por todos los objetos con una temperatura mayor al cero absoluto y la cantidad

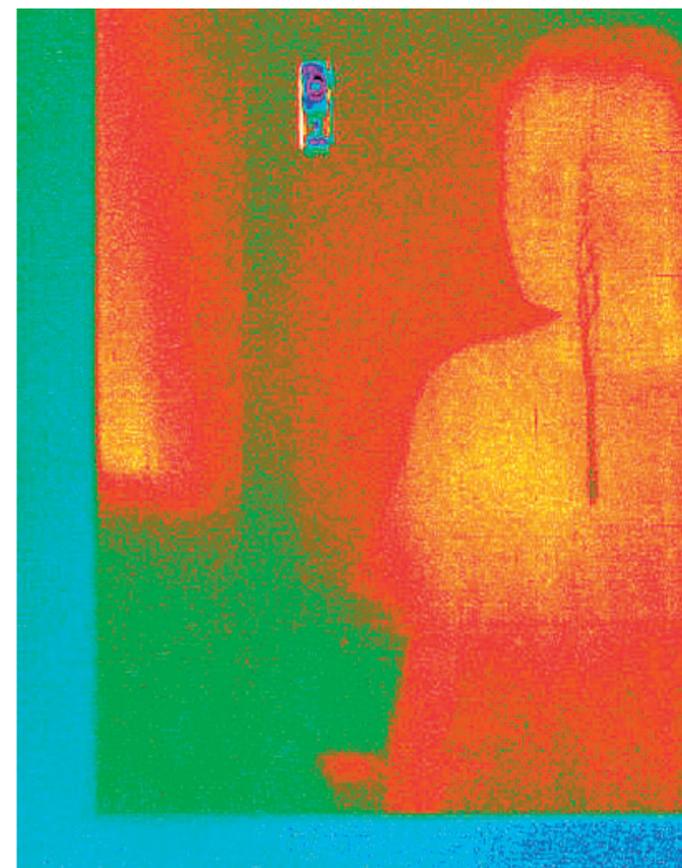


FIGURA 2. El fantasma que vio Don Óscar no era más que su reflejo infrarrojo en la caja, capturado con la cámara termográfica.



NARANJA

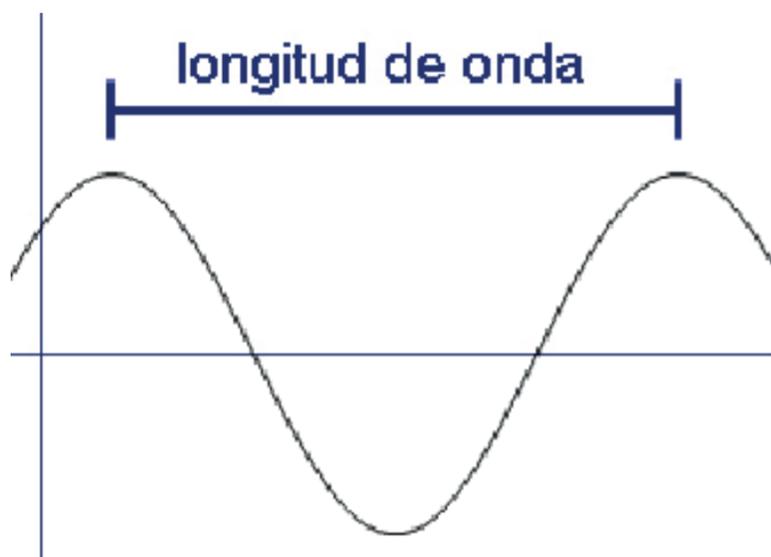


FIGURA 3. LA longitud de onda es la distancia entre dos máximos o mínimos de una onda. Tomada de <http://www.allmathwords.org/es/w/wavelength.html>

de radiación aumenta con la temperatura. Por ejemplo, una nieve de limón que es muy fría emite poca radiación infrarroja, pero un café calentito emitirá más radiación, ¿me explico?

Las aplicaciones de la termografía

- Si Marianita entiendo - Mencionó Don Óscar desesperado -, pero mejor ya explíqueme lo de la cámara porque todavía me falta limpiar dos laboratorios más.

-Ok, ok, pues resulta que cuando queremos medir la temperatura a la cual está un objeto podemos usar una cámara termográfica.

- ¡Ey mi niña! a ver, usted dijo que la cámara detecta la radiación

infrarroja, no la calentura y... además... la temperatura se mide con termómetros. Eso me han dicho todos los médicos.

Con una sonrisa Mariana le explicó a su amigo que no se refería a ninguna calentura, sino a la temperatura y que precisamente medir la radiación infrarroja que emite un cuerpo es una forma de medir la temperatura. Pero Don Óscar siguió confundido.

- De acuerdo, ya entendí que hablamos de temperatura, pero ¿cómo está eso de que la cámara puede medir la temperatura si lo que detecta es la radiación infrarroja?

- Bueno eso intentaba explicarle antes cuando le decía que todo objeto emite radiación en una forma diferente para cada temperatura. Es por esto que cuando calentamos un alfiler en la estufa y conforme se va calentando cambia de color. Primero lo vemos rojo luego naranja para pasar a un azul y luego negro otra vez. Conforme el alfiler se calienta emite radiación en la región que podemos ver del espectro electromagnético y podemos ver el alfiler ponerse color rojo y luego cambiar de color.

- ¡Ah! ¿es por eso? - exclamó Don Óscar sorprendido. - Mmm... bueno... y entonces si hay una relación entre la temperatura y la radiación de los objetos ¿cómo sabe la cámara exactamente cuál es la temperatura? ¿No es mágica o sí?

Radiación, temperatura y emisividad

- Siento desilusionarlo, pero la cámara no es mágica. - Contesta Mariana sonriendo.

- En los años 1800 se descubrió que mientras más caliente un cuerpo emite mayor radiación electro-

magnética. A ese descubrimiento se le conoce como la *Ley de Stefan Boltzmann*, que indica que un cuerpo emite radiación electromagnética en forma proporcional a su temperatura en grados Kelvin elevados a la cuarta potencia ($W = \epsilon \sigma T^4$, aquí σ es la constante de Stefan Boltzmann y es igual a $5.67 \times 10^{-8} \text{ W/(m}^2\text{K}^4)$). Gracias a esta ley es posible calcular la temperatura (T) conociendo la radiación total que emite un cuerpo (W), si de antemano se sabe el valor de una propiedad característica de los materiales: la emisividad ϵ .

- ¿La emisividad? ¿Ora y qué canijos es eso?

- Mire por la ventana Don Óscar, allá en el estacionamiento, ¿alcanza a ver esos dos coches estacionados bajo el sol? Uno de ellos tiene un parachoques negro y el otro cromado, ¿ya los vio?

- Si, sí, ya los veo.

- Dígame, ¿cuál de los dos parachoques cree usted que está más caliente?

- Que fácil señorita, obviamente el negro. Mi mujer siempre me anda diciendo que no use playeras negras cuando está soleado y voy a salir porque me va a dar más calor que si uso las blancas que a ella le gustan.

- Pues tiene buen gusto y mucha razón su mujer, el color negro si absorbe más la radiación solar que otros colores. Pero lamento decirle que, si va a tocar ambos parachoques de los carros allá estacionados, se dará cuenta que el cromado está más caliente.

- Eso no lo creo Marianita. ¿Por qué dice usted eso?

- Pues la razón es la emisividad. Y ahora sí le digo lo que es: la emisividad es una medida para determinar la habilidad de un objeto para radiar energía electromagnética. Un objeto con alta emisividad como el parachoques negro, se calienta rápidamente, pero tiene la capacidad de re-radiar dicha energía. El parachoques cromado, por otro lado, tiene una emisividad muy baja y aunque refleja la mayor parte de la radiación también absorbe otro tanto. Esta energía, al no ser re-radiada, se queda atrapada en él, causando un aumento de temperatura mayor que en el parachoques negro que sí puede disipar dicha energía.

Mariana, se quedó observando como Don Óscar caminaba lenta-

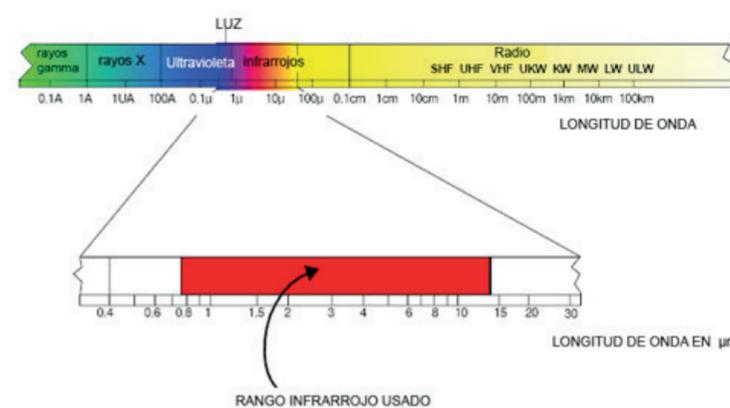


FIGURA 4. ESPECTRO electromagnético donde se muestra el rango de longitudes de onda que abarca la radiación infrarroja. Tomada de http://www.sapiensman.com/tecnoficio/optica/sensores_de_fibra_optica.php

mente hacia la puerta, sin hablar, pensativo rumbo al estacionamiento. Mariana lo observó con inquietud.

Don Óscar, después de salir al estacionamiento y cerciorarse de la veracidad de lo que Mariana le explicó, regresó al laboratorio pensativo y dirigiéndose nuevamente a Mariana, dijo:

- Hmm, pues si tenía usted razón; pero ya me hice bolas con eso de la emisividad, la ley de Stefan... no sé qué y la radiación... creo que entendí todo por separado; pero sigo sin comprender cómo la cámara sacó la imagen del fantasma naranja; y menos entiendo cómo que yo soy el fantasma naranja... sí soy de carne y hueso y... míreme no tengo nada naranja.

- Si, recapitulemos: Al estar usted parado frente a la caja gris, la lámina reflejó la radiación que usted emite hacia la cámara. La cámara detectó toda la radiación infrarroja que provenía en ese momento de la caja gris incluso la radiación que la lámina reflejó proveniente de usted.

- Momento señorita, la caja gris no es un espejo para reflejar. Mírela es de color gris... bueno parece que refleja algo la luz de la ventana... pero mire me paro enfrente de ella y no veo mi reflejo.

- Don Óscar, efectivamente la caja gris es un mal reflejante para la radiación visible, pero no así para la radiación infrarroja. Los metales en general son buenos reflejantes para el infrarrojo. Podemos decir que la caja gris es un espejo para la radiación infrarroja y además que la cámara que tenemos es muy, pero muy sensible.

- A ver y luego... ¿cómo aparece el fantasma naranja en el monitor de la cámara?

- La cámara convirtió la información de la radiación que recibió en una imagen visual con colores falsos. Digamos que toma una imagen de la radiación que viene de la caja gris y la colorea de acuerdo a un código de colores y temperatura. Así cada color representa una temperatura diferente. Para realizar esta conversión la cámara utiliza la Ley Stefan Boltzmann para hacer los cálculos. Es en este cálculo donde es necesario conocer la emisividad del objeto para poder tener mediciones certeras de la temperatura.

-Entonces, ¿cada color diferente en la imagen infrarroja representa una temperatura distinta?

-Exactamente, ahora ya lo entendió todo ¿verdad?

- ¡Si por fin se me hizo la luz!... o más bien la infrarroja. Muchas gracias por su paciencia Marianita. ¿La próxima que pase a limpiar me explica para qué usan ustedes la cámara infrarroja en sus experimentos? He visto que tienen una lente grandota que dice 5X y siempre ponen objetos muy chiquitos en frente, ¿me lo platica para la próxima?

- Por supuesto que si Don Óscar, pase cuando quiera. Es más, mire... aquí le puedo regalar una copia del artículo en el periódico que explica nuestro trabajo con nanoantenas (Referencia 3).

- Y si no le entiendo, ¿me lo explica?

- Claro, aquí lo vemos.

- Gracias Marianita, hasta pronto.

El nuevamente tranquilo intendente tomó su cubeta, su trapeador y suspirando aliviado por no haberse topado con un fantasma naranja continuó con sus labores de ayuda subrepticias a los científicos al mantener limpio el laboratorio.

Esta columna se prepara y edita semana con semana, en conjunto con investigadores morelenses convencidos del valor del conocimiento científico para el desarrollo social y económico de Morelos. Desde la Academia de Ciencias de Morelos externamos nuestra preocupación por el vacío que genera la extinción de la Secretaría de Innovación, Ciencia y Tecnología dentro del ecosistema de innovación estatal que se debilita sin la participación del Gobierno del Estado.

REFERENCIAS

1. Longitud de onda. 2009-04-03. Enciclopedia de Todas las Palabras de la Matemáticas. Life is a Story Problem.org. <http://www.allmathwords.org/es/w/wavelength.html> (la figura 3 se tomó de esta página).
2. Sensores de temperatura de fibra óptica, <http://www.sapiensman.com/tecnoficio/opti->

[ca/sensores_de_fibra_optica.php](http://www.sapiensman.com/tecnoficio/optica/sensores_de_fibra_optica.php) (la figura 4 se tomó de esta página).
3. Estrada Wiese, D. y del Río J.A. "Salto mortal: de la tortillería a las nanoantenas solares" <http://www.acmor.org.mx/?q=content/salto-mortal-de-la-tortiller%C3%ADa-las-nanoantenas-solares>