

Mejorando la Precisión Radiométrica

Si usted observa el rostro de una persona con una cámara termográfica, regularmente detectará diferencias de temperatura menores a 0.1°C, lo cual puede ser definida como la sensibilidad de su cámara.

Muchos termógrafos han experimentado situaciones donde la precisión de la medición puede ser cuestionada. Esto regularmente sucede cuando la medición de la cámara termográfica es comparada con la de otro instrumento. En mi experiencia particular me he percatado que muchos termógrafos rápidamente ponen en duda la precisión de la medición de la cámara termográfica, aun cuando lo anterior no suena razonable.

Este artículo tratará de explicar los parámetros que pueden afectar la precisión y repetitividad radiométrica en mediciones de temperatura, así como también hablará de métodos para minimizar dicho efecto. También se discutirán las razones posibles de la discrepancia en las mediciones radiométricas de temperatura comparadas con las de otros instrumentos.

Antecedentes

Definimos la precisión radiométrica como la comparación de la medición de la temperatura obtenida por un dispositivo radiométrico con la temperatura real de una superficie sin perturbaciones. La repetitividad define la consistencia de la precisión cuando se realizan varias mediciones. La uniformidad significa la magnitud de la desviación de una medición cuando se realiza desde diferentes puntos en el campo de visión completo. La sensibilidad es la diferencia mínima de temperatura detectable en una superficie. Se debe ser muy cuidadoso de no mezclar los conceptos anteriores. Cuando un fabricante indica la precisión de un equipo no define dicho valor de una manera tal para que sea fácil de compararla con la de otros instrumentos, todos los valores brindados por el fabricante están regularmente definidos únicamente al utilizar cuerpos negros regulados a ciertas temperaturas y utilizando una escala absoluta (típicamente 303 K ó 30°C).

Si usted observa el rostro de una persona con una cámara termográfica, regularmente detectará diferencias de temperatura menores a 0.1°C, lo cual puede ser definida como la sensibilidad de su cámara. Algo que podría suceder es que al observar un rostro usted vea que un lado de la cara se observa un poco más frío que el otro, y puede que al dar vuelta a la cámara observe que ahora es el otro lado el que se observa un poco más frío. Lo anterior se debe a la no-uniformidad del instrumento. Si por ejemplo, al medir la temperatura del conducto lagrimal se obtiene un valor de 38°C y luego al medir la temperatura de la punta de la nariz se obtiene 32°C, siendo las temperaturas reales 37°C y 31°C respectivamente, esto representa cual es la precisión de la medición. Puede que al regresar al día siguiente y al realizar las mismas mediciones de temperatura bajo las mismas condiciones se obtengan lecturas de 37.5°C y 31.7°C, lo anterior nos indica cual es la repetitividad de la medición. En el caso anterior se puede observar la uniformidad, precisión y repetitividad del instrumento. Se debe entender que resulta muy difícil poder inspeccionar el rostro de una persona desde la misma exacta posición y medir

Cuando el calor se transfiere a un ritmo constante se dice que está en un estado estable, cuando el ritmo de transferencia de calor varía con el tiempo se dice que está en estado transitorio.

exactamente el mismo punto por lo que los resultados pueden variar un poco, pero se deben obtener valores dentro de la precisión y repetitividad indicada por el fabricante.

Parámetros que afectan la precisión radiométrica

Existen algunos parámetros que definirán la precisión y repetitividad de las mediciones de temperatura radiométricas, estos incluyen: el objeto, la superficie, el ambiente térmico, la atmósfera y el instrumento. También se debe considerar que el método de medición también puede ser la causa de la desviación y la desviación y que no depende solamente del instrumento de medición. Mientras que cada uno de estos parámetros define un límite específico de la precisión, el efecto en conjunto define la precisión total, es más, en algunas ocasiones estos parámetros se complementarán para lograr una alta precisión. Si el termógrafo no toma en cuenta lo anterior y las variables cambian, puede que no pueda repetir el nivel de precisión alcanzada anteriormente. Un ejemplo de esto es la medición de una superficie de baja emisividad y que se encuentra a una temperatura muy cercana a la del ambiente que la rodea; puede que el termógrafo obtenga una medición radiométrica de temperatura muy cercana a la realidad (la cual es casi igual a la obtenida por un medidor de contacto). Lo anterior es puramente una casualidad y ocurre debido a que la cámara en realidad está tomando una medición de la temperatura que refleja la superficie del objeto. Una medición de temperatura puede verse grandemente afectada si se coloca un valor inadecuado de temperatura de fondo y emisividad, especialmente en objetos cuya superficie tenga un bajo valor de emisividad.

The Object

El objeto alcanza el equilibrio térmico por definición cuando su temperatura es igual a la del lugar o ambiente que lo rodea. Algunas veces creemos que la temperatura es un parámetro independiente pero en realidad la medición de la temperatura se basa en el equilibrio térmico. Cuando el calor se transfiere a un ritmo constante se dice que está en un estado estable, cuando el ritmo de transferencia de calor varía con el tiempo se dice que está en estado transitorio. La transferencia de calor transitoria puede ser causada por varias razones, la más común en los materiales sólidos es la capacitancia de los materiales. La temperatura superficial es aun más complicada que la temperatura del objeto ya que combina la respuesta del calor que es llevado desde o hacia el interior del objeto por conducción con la respuesta del calor que es llevado desde o hacia el ambiente que rodea el objeto por convección y radiación. En algún instante del tiempo tiene que existir un balance entre la energía neta que llega a la superficie con la que deja la superficie. Por ejemplo, el calor generado por una fuente de energía interna (como una falla eléctrica) debe ser igual a la suma de la energía que deja o es llevada a la superficie por radiación y convección. En este caso, si el ritmo de la transferencia de energía por convección incrementa entonces la cantidad de energía irradiada deberá decrecer debido a que la energía generada es constante y está determinada por I^2R . Lo anterior indica que la transferencia de calor por convección aumentó y que la temperatura de la superficie cambió debido a las condiciones del viento.

Al comparar un aumento de temperatura de dos fases o conductores (uno normal y el otro con una alta resistencia de conexión) se puede observar una variación de más del 60%, al ser realizada en un día sin viento y compararla con otro día con un viento de 20 Km/h. En otras palabras, si la fase normal funciona a una temperatura ambiental 20°C

Se debe recordar que la emitancia efectiva de las superficies varía con el ángulo, por lo que se debe evitar realizar mediciones a ángulos muy cerrados.

y sin viento, la misma puede tener una temperatura de 40°C (un aumento de 20°C), pero con un viento de 20 Km/h la fase que funciona normalmente no cambiará, mas la que tiene el problema podría presentar una temperatura de 28°C donde el aumento de la temperatura es reducido a 8°C únicamente.

Si un objeto está bajo condiciones de transferencia de calor transitoria, la temperatura de la superficie puede cambiar. Esto puede significar que la temperatura de la superficie tomada a cierta hora no permanecerá igual luego de un tiempo. Puede que algunas personas al realizar una medición más tarde, sin comprender lo anterior, culpen a la precisión y a la repetitividad del instrumento por la diferencia de la medición. Debe entenderse que la variación antes mencionada sucedió debido a la transferencia del calor.

Otros factores importantes para la medición de temperatura son el tamaño del objeto y la resolución del instrumento. (Lo anterior se discutirá más adelante)

La Superficie

La emisividad es uno de los factores más importantes al realizar mediciones radiométricas. El error más común resulta al calcular el impacto de asumir la emisividad de una superficie, no se puede decir que si se tiene un error del 10% en el valor de la emisividad eso dará como consecuencia un 10% de error en la medición de la temperatura. El error real en la medición de temperatura puede ser mucho mayor o menor al porcentaje antes mencionado y depende de varios factores. Dos de los factores principales que determinan el error incluyen la respuesta del instrumento a la temperatura real de la superficie y a la magnitud de la temperatura reflejada que rodea a dicha superficie.

La emisividad puede variar con la longitud de onda, la temperatura y la condición de la superficie. Generalmente como guía puede decirse que los materiales opacos no varían su emisividad debido a la longitud de onda. Cuando un material es un emisor espectral, es decir, su emisividad cambia debido a la longitud de onda con la que funciona la cámara, se debe utilizar un filtro pasabanda para limitar la respuesta espectral y para que la emisividad sea constante en todo el ancho de banda. Por otra parte, el uso de dicho filtro puede disminuir la precisión y sensibilidad de la cámara por lo que siempre existirán pérdidas.

No se debe asumir que todas las tablas de los valores de emisividad son correctas para todos los tipos de cámaras infrarrojas. Los valores de emisividad a utilizar son aquellos obtenidos con una cámara termográfica con similares especificaciones sobre objetos donde las superficies medidas tengan características similares. Si lo anterior no es posible puede utilizarse la tabla de emisividades publicada por el fabricante de la cámara para dicho modelo, lo cual es mejor que los valores publicados en textos o libros. Muchos textos o libros publican valores de emisividad que son calculados por la transferencia de calor los cuales asumen una emisión de banda ancha esférica. Las mediciones radiométricas son hechas con cierto ancho de banda y a cierto ángulo de la superficie (en comparación a la realizada a 180°). Se debe recordar que la emitancia efectiva de las superficies varía con el ángulo, por lo que se debe evitar realizar mediciones a ángulos muy cerrados.

Cuando compare la medición radiométrica de temperatura entre dos instrumentos con diferente longitud de onda, no asuma que el valor de la emisividad debe ser el mismo.

La precisión de una cámara termográfica disminuirá a medida que disminuya el valor de la emisividad. Las mediciones en campo raramente son mejores a una precisión de ± 0.02 . Lo anterior tiene poco impacto con emisividades altas, pero tendrá un efecto mayor y significativo con emisividades bajas. La corrección de la emisividad debe hacerse utilizando la curva de respuesta del instrumento en lugar de realizar un cálculo directo del porcentaje o cálculo teórico. Se discutirá más acerca de esto en la sección de la precisión del instrumento.

Utilizando la corrección de la emisividad que ya viene en las cámaras Termográficas o en el software de las mismas, el proceso de estimar el error resulta fácil de calcular. Usted puede variar la emisividad entre el máximo y el mínimo valor esperado para comprender como cambia la temperatura en función del cambio del valor de la emisividad. Reporte el cambio como el error esperado en la medición de temperatura, asegúrese que configuró adecuadamente la temperatura de fondo y otros parámetros en su cámara termográfica.

Cuando compare la medición radiométrica de temperatura entre dos instrumentos con diferente longitud de onda, no asuma que el valor de la emisividad debe ser el mismo.

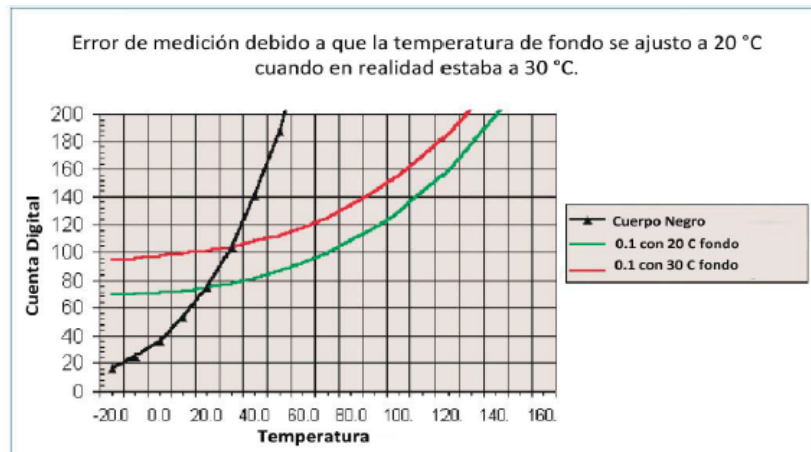


Figura 1

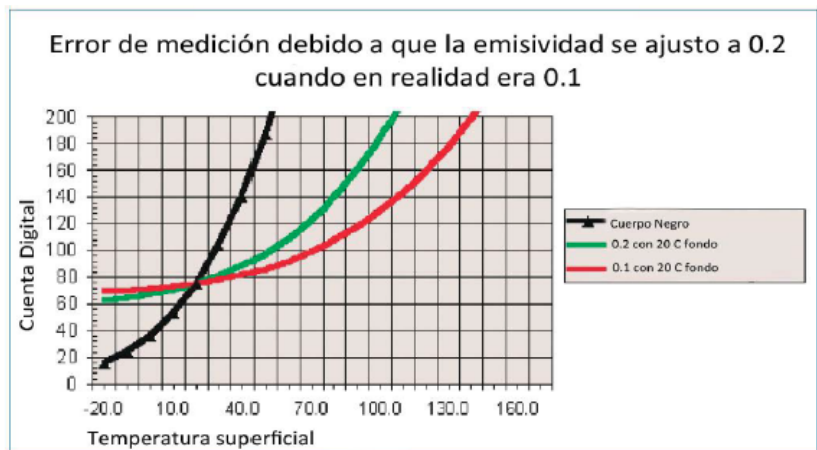


Figura 2

Una temperatura de fondo puede crearse algunas veces ajustando el ángulo de la cámara o colocando una barrera de radiación, como por ejemplo un pedazo de cartón.

El Ambiente Térmico

El Ambiente térmico puede influenciar significativamente la precisión de la temperatura aparente de la superficie, particularmente cuando las superficies son de baja emisividad y/o la temperatura del ambiente térmico es muy alta o baja. Cuando hablamos del ambiente térmico nos referimos a la temperatura que está siendo reflejada por la superficie que se inspecciona. Algunos definen lo anterior como temperatura de fondo o “temperatura ambiente”, pero no debe confundirse con la temperatura del aire ambiental.

Para superficies difusas, la temperatura será promediada por el fondo esférico completo, lo cual puede ser calculada con solo mover la cámara alrededor del entorno del objeto. Si su cámara tiene una función de área o cuadro puede tomar una medición de ella para tener una mejor idea del promedio de la misma. Si no cuenta con esta función puede desenfocar la cámara y tomar una medición del entorno que rodea la superficie.

Para una superficie especular la temperatura de fondo será la que proviene del ángulo complementario del detector. Mediciones en superficies especulares deben hacerse con mucho cuidado, preferiblemente con una temperatura de fondo uniforme. Una temperatura de fondo puede crearse algunas veces ajustando el ángulo de la cámara o colocando una barrera de radiación, como por ejemplo un pedazo de cartón. Si no es posible realizar lo anterior, debe tratar de trabajar a distancias cercanas y no enfocándose en el fondo.

Las mediciones de temperatura pueden variar significativamente cuando la emisividad es baja, esto debido a la ley de Kirchoff que indica que la absorción es igual a la emisividad para superficies opacas. Mientras la emisividad decrece la reflectividad aumenta y también aumenta el error asociado con la temperatura de fondo. Si la temperatura de fondo varía o no puede ser calculada, entonces se debe variar el valor de la temperatura de fondo al máximo y mínimo probables para observar cual es el impacto de esta sobre la medición.

Ajuste la emisividad al valor mínimo que considera que puede tener la superficie y luego varíe la temperatura de fondo al valor mínimo y al máximo que puede estar presente, anote ambas mediciones. Luego varíe nuevamente la emisividad al valor máximo que considera que puede tener la superficie y luego varíe la temperatura de fondo al valor máximo y mínimo que puede estar presente y nuevamente anote los resultados. De los cuatro resultados anotados, seleccione las dos temperaturas más extremas para tomarlas como el valor límite del error de la medición, esto debido a la variación de la temperatura de fondo y la emisividad. A emisividades bajas, la variación será más significativa.

La Atmósfera

La atmósfera atenuará tanto la señal de la onda larga como la de la onda media infrarroja. Lo anterior se debe principalmente a la presencia del CO₂ y del H₂O en el ambiente. Se puede observar un error del 2% al 3% al medir la temperatura de una fuente a 90°C (cuando se varía la distancia de la medición entre 1 metro y 10 metros). La mayoría de las cámaras modernas compensan este error permitiendo al usuario ingresar la magnitud de la distancia y de otros parámetros como por ejemplo la humedad relativa y la temperatura del aire. Esta corrección por lo regular ayuda a reducir el error hasta lograr que sea despreciable (con condiciones atmosféricas estándar y a distancias no muy grandes, como por ejemplo mayores de 100 metros).

El aceite y el carbón producen otros gases y partículas, lo que complica o elimina totalmente la posibilidad del uso de equipos infrarrojos.

Existen situaciones como por ejemplo los procesos de combustión donde usualmente se vuelven más complicado anterior, debido a la presencia de los subproductos de la combustión en la atmósfera e intensas ondas de radiación de las llamas. En el mejor escenario de combustión (como con el gas natural), los subproductos en la atmósfera son vapor de Agua (H₂O) y Dióxido de Carbono (CO₂). Sin un filtro espectral, estos gases serán visibles a la cámara en forma de una “niebla variable” afectando la imagen y creando falsos patrones de temperatura. Debido a que estos subproductos de la combustión son los que tienen una mayor concentración cerca de la flama, la llama es visible y se puede observar como su radiación de calor que interactuara con las superficies. Afortunadamente, los subproductos de la combustión tienen diferentes respuestas en la onda media, donde se vuelven altamente transmisivos (cerca de los 3.9 micrones). El uso de un filtro espectral cerca de dicho ancho de banda permite en muchos casos la eliminación del efecto producido por estos gases. El filtro anterior es muy conocido por su aplicación para poder “ver a través de las llamas.”

En análisis tradicionales de Infrarrojo, los efectos atmosféricos son una preocupación únicamente en objetivos a distancias lejanas. Sin embargo, en ambientes con combustión, aun pequeñas concentraciones de subproductos de combustión pueden atenuar la señal, así como también pequeñas concentraciones de gases como el Ozono (O₃). Oxido Nitroso y Monóxido de Carbono (CO). Mientras la absorción de dichos gases es relativamente normal en condiciones atmosféricas estándares, al existir combustión y calentarse estos gases se reduce la precisión y repetitividad de las mediciones. Por lo anterior, en vez de usar valores teóricos de la transmisión atmosférica, es importante tener un objeto a una temperatura conocida y a cierta distancia, para calcular de manera empírica el valor de la transmisión atmosférica. De preferencia se debe hacer lo anterior a dos o tres distancias diferentes para observar cual es el cambio a determinadas condiciones.

Desafortunadamente no todos los procesos de combustión tienen subproductos tan sencillos. El aceite y el carbón producen otros gases y partículas, lo que complica o elimina totalmente la posibilidad del uso de equipos infrarrojos. Las partículas son las principales culpables de dispersar, absorber y re-emitir la radiación infrarroja, creando mucho ruido imposible de eliminar. En la mayoría de las ocasiones se podrá realizar únicamente una evaluación cualitativa.

Algunos ambientes no combustibles como los hornos de pintura, tienen altas concentraciones de partículas que crean el mismo problema. Otros ambientes con gases inertes pueden causar una sobre compensación en la medición, aunque nuevamente no afectan la Termografía cualitativa.

Al trabajar con condiciones atmosféricas no estándares se debe considerar la utilización de filtros espectrales. Es mejor si se puede contar con temperaturas de referencia a ciertas distancias para poder estimar la atenuación de la señal. En atmósferas con una gran concentración de partícula los resultados obtenidos pueden ser muy poco precisos.

Ventanas y Filtros Externos

Existe una regla general al considerar el uso de filtros externos y ventanas infrarrojas para la medición de temperaturas en forma radiométrica y es “simplemente que las evite.” Podemos basar lo anterior en varias element itself, razones, como por ejemplo la

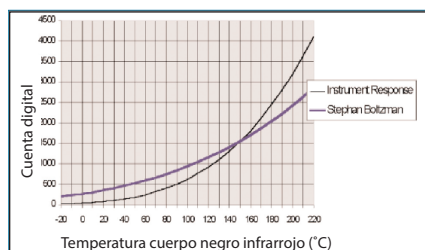


Figura 3

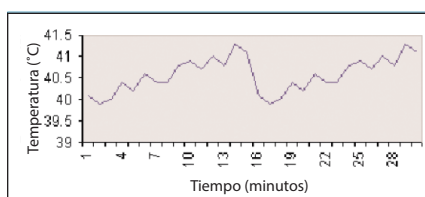


Figura 4

atenuación de la señal, la emisión del mismo elemento óptico, la refracción, el efecto narciso, la absorción espectral y dificultades para asignar la referencia. Por otro lado, existen muchas aplicaciones donde se y debe utilizar las ventanas infrarrojas, como por ejemplo cuando algún equipo está contenido dentro de un ambiente y que desea ser inspeccionado; también se pueden utilizar los filtros cuando se quiera proteger la cámara de energía intensa, como en un horno. Se recomienda utilizar únicamente los filtros provistos por el fabricante, los cuales están debidamente calibrados y pueden ser instalados de manera correcta en la cámara. Al utilizar cualquier óptica externa, tanto en ventanas y filtros, se presentarán problemas para modelar la respuesta real de la señal. Los fabricantes usualmente guardan en secreto el modelo de la señal en estos dispositivos y las técnicas de corrección; por lo regular dudan brindar la información de como ajustar una referencia y no brindan un valor de transmisividad. También se debe comprender que las ópticas externas en condiciones extremas varían su transmisión, otros factores que varían las mediciones de temperatura serán el envejecimiento del material y la acumulación de capas.

Aún si nos provean el valor de transmisión de una ventana infrarroja, no puede ser aplicado directamente a la temperatura medida o al un modelo teórico de respuesta. Siempre se debe realizar una corrección empírica en campo para verificar el valor a ciertas temperaturas medidas y de funcionamiento.

Si usted va a usar una ventana infrarroja, si resulta práctico considere que el fabricante calibre su sistema a dichos dispositivos, de lo contrario puede construir una tabla de corrección haciendo mediciones empíricas en campo con una fuente de temperatura ajustada a diferentes valores y colocándose a diferentes distancias. Tome en cuenta la temperatura propia de la ventana infrarroja pues esto puede causar una variación.

Consideraciones del Instrumento

Existen varias consideraciones que deben tomarse en cuenta para realizar una medición de temperatura precisa. Estas incluyen la respuesta del instrumento, el diseño de la óptica, la corrección no uniforme (NUC) y la radiometría del equipo. Por lo regular se piensa que la cámara Termografía funciona directamente con la ecuación de Stephan-Boltzman, lo cual sería completamente correcto si las cámaras Termográficas fueran 100% eficientes en detectar la energía. En la realidad las cámaras comerciales funcionan de la siguiente manera: Detectan únicamente una parte de la radiación emitida, los detectores y la óptica de la cámara combinada no tiene una respuesta uniforme a la radiación y por último cuando la temperatura de los objetos cambia la energía producida cambia de ancho de banda. El resultado neto da como resultado que a medida que la superficie de un objeto incrementa, la señal detectada puede variar de una respuesta lineal a una no lineal. La Figura 3 ilustra que la respuesta de un instrumento infrarrojo comparada con la función de Stephan-Boltzman. Al final es el instrumento el que determina la precisión de la medición en dependencia de variables como la emisividad, temperatura de fondo y atenuación atmosférica. El mejor escenario es tener un instrumento con una respuesta de ganancia igual a ds/dt donde s es la señal y t la temperatura. Si el instrumento está en una situación de alta ganancia entonces $ds/dt > 1$ por lo que habrá menor impacto en la medición que en una situación de baja ganancia donde $ds/dt < 1$.

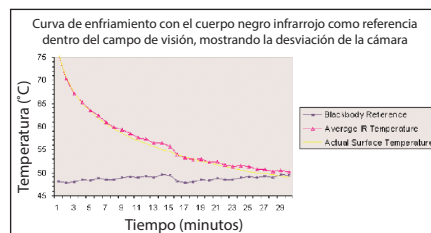


Figura 5

El diseño óptico juega una parte importante en la precisión de la medición y la repetitividad, es particularmente crítico captar la radiación. Lo anterior minimizará los errores que son resultado de los cambios en la intensidad de la fuente dentro del campo de visión. Aun con instrumentos bien diseñados, trate en lo posible de evitar tener fuentes de radiación o temperaturas extremas dentro del campo de visión.

La compensación del instrumento a la desviación es muy importante para la repetitividad de las mediciones. La desviación es el cambio en la medición sobre una temperatura constante en función del tiempo. Lo anterior puede suceder debido a factores como por ejemplo cambios en el voltaje de la fuente de alimentación del instrumento o cambio en las condiciones ambientales alrededor de la cámara termográfica. El fabricante debería proveer la desviación e incluir el valor de la repetitividad del equipo en sus especificaciones.

El impacto de la desviación del instrumento en su repetitividad puede ser calculado monitoreando una fuente de temperatura constante y exponiendo la cámara infrarroja a diferentes ambientes como por ejemplo aire caliente, siempre trabajando dentro de los límites de operación indicados por el fabricante.

Algunos fabricantes indican un tiempo de estabilización del equipo luego de encenderlo para evitar una gran desviación en las mediciones, por lo que se recomienda evitar hacer mediciones de temperatura que deben ser exactas inmediatamente luego de haber encendido la cámara.

La figura 5 muestra el efecto de la corrección no uniforme (NUC) luego de 16 minutos, como se puede observar existe una caída en la medición infrarroja tanto en el cuerpo negro de referencia y de la superficie. El modelo de precisión radiométrica desarrollado por el fabricante para una cámara específica es importante para conocer la precisión del instrumento en todo el rango.

Algunos fabricantes especifican la precisión de las cámaras a una o a ciertas temperaturas, algunos fabricantes especifican la precisión en la medición de temperatura como un porcentaje de la medición y un valor mínimo absoluto, otros fabricantes especifican la precisión como un porcentaje del rango completo. Lo anterior nos da una indicación de la precisión radiométrica del diseño del instrumento. La respuesta de algunos instrumentos pueden requerir una compleja serie de funciones con uno o más puntos de inflexión, dependiendo de factores como el detector, filtros y óptica utilizada. La calibración por lo general es realizada observando varios cuerpos negros a diferentes temperaturas y realizando una curva empírica, si este modelo empírico no describe de buena manera la curva, o no se utilizan suficientes cuerpos negros, o es más grande la desviación del instrumento, el modelo de diseño prevalecerá. Si su instrumento ha sido calibrado, usted puede solicitar al fabricante una curva con la información, lo menos que le sugerimos tener es el certificado más reciente de calibración de su equipo con la información de calibración de los cuerpos negros utilizados.

El Campo de visión instantáneo (IFOV) del equipo con un lente específico es el parámetro que define el objeto más pequeño que el objeto puede detectar a cierta distancia, algunas personas lo conocen también como resolución de la cámara. Dicho parámetro

Trate de trabajar con la menor temperatura de fondo posible, particularmente cuando trabaje con superficies con baja emisividad.

se expresa como un ángulo en miliradianes, por lo que se puede indicar que al contar con un lente diferente, como por ejemplo uno de ángulo más pequeño se incrementará el IFOV y al contar con un lente con un ángulo más amplio se reducirá el IFOV. El valor que realmente importa al momento de realizar una medición no es el IFOV pues este indica únicamente que se puede “ver” un objeto, es el IFOVmedible, el valor importante al realizar mediciones y por lo regular no brindan este valor la mayoría de los fabricantes. Una buena guía podría ser decir que el IFOV medible será entre 3 a 5 veces más pequeño (dependiendo la cámara) que el IFOV.


Si no conoce el IFOVmedible de su cámara, puede realizar un experimento para encontrar el valor aproximado. Primero determine cuál es una caída aceptable en la medición de temperatura en un objeto, luego mida la temperatura de un objeto con alta emisividad y que permanezca a una temperatura constante. Realice la medición 20 veces más cerca a lo calculado para el IFOV (o a un metro de distancia si es seguro). Por último aléjese lentamente del objeto y cada cierto intervalo verifique que la medición de temperatura hasta llegar al límite aceptable en la caída de la medición, mida el tamaño del objeto y multiplíquelo por 1000, luego divida esto por la distancia (utilizando las mismas unidades). Repítalo varias veces y promedie la respuesta.

Minimizando el Error Radiométrico

En resumen, estas son las guías que sugerimos para reducir los errores en las mediciones de temperatura radiométrica:

1. Trabaje en la región de mayor respuesta del instrumento, esto significa, usando el rango más pequeño posible y longitud de onda apropiada.
2. Trate de trabajar con la menor temperatura de fondo posible, particularmente cuando trabaje con superficies con baja emisividad.
3. Si es posible, trate de aumentar la emisividad a superficies con baja emisividad.
4. Trabaje con valores de emisividad cercanos a los obtenidos en campo en objetos similares.
5. Trate de mantener temperaturas conocidas en el campo de visión a distancias similares al objeto inspeccionado.
6. Mantenga la temperatura de funcionamiento de la cámara tan estable como sea posible.
7. Evite hacer mediciones de temperatura inmediatamente después de haber encendido la cámara termográfica.
8. En la medida de lo posible evite utilizar ventanas infrarrojas y filtros externos.
9. Asegúrese que el objeto medido sea mayor que el IFOVmedible de su cámara.
10. Asegúrese que el objeto no se encuentre en estado transitorio de transferencia de calor o si desea realizar una medición de este tipo anote el tiempo. Compare únicamente las mediciones de temperatura realizadas bajo las mismas condiciones.
11. Sea muy cauteloso al comparar mediciones radiométricas con mediciones por contacto. Asegúrese que compare mediciones de las superficies hechas bajo las mismas condiciones, sin afectar la superficie, sin interferir con la convección y la energía irradiada.
12. Al comparar los resultados obtenidos con otro instrumento radiométrico, debe asegurarse que ambos instrumentos se encuentran dentro de sus capacidades de IFOVmedible, esto es muy importante al comparar medidores de temperatura de punto (con puntero laser) con cámaras Termográficas.

Al comparar los resultados obtenidos con dos equipos radiométricos, asegúrese de haber ajustado adecuadamente los parámetros de temperatura reflejada y transmisividad.

13. Al comparar los resultados obtenidos con diferentes longitudes de onda, se debe ajustar la emisividad adecuada para cada longitud de onda.
14. Al comparar los resultados obtenidos con dos equipos radiométricos, asegúrese de haber ajustado adecuadamente los parámetros de temperatura reflejada y transmisividad.
15. Asegúrese que toda la óptica del equipo de medición radiométrico y ventanas infrarrojas estén limpias.
16. Realice mediciones radiométricas con un ángulo correcto.
17. En superficies difusas, trate de obtener un promedio adecuado de la temperatura reflejada.
18. En superficies especulares, varíe el ángulo de la cámara y evite o bloquee grandes reflejos.
19. Evite el tratar de realizar mediciones radiométricas de temperatura en atmósferas con muchas partículas.
20. Verifique las mediciones de la cámara termográfica utilizando temperaturas de referencias conocidas antes y después de realizar mediciones que deben ser precisas.
21. Pida al fabricante la información de calibración para su cámara Termografía que incluya la curva de respuesta y la información de los cuerpos negros utilizados.
22. Asegúrese de realizar mediciones radiométricas de temperatura únicamente sobre superficies libres de humedad o fluidos. 

Referencias

Colantonio, A., & McIntosh, G.B. Development of a Diagnostic Testing and Calibration System for Infrared Imaging Equipment Used in Building Diagnostics. Proceedings of SPIE 0934; Thermosense X, January 1988.

Dewitt, D.P. Principles of Calibration for Radiometric Temperature Measurements. Proceedings of SPIE 0520; Thermosense VII, November 1984.

Hamrelius, Torbjorn. Accurate temperature measurement in thermography, an overview of relevant features, parameters, and definitions. Proceedings of SPIE Vol. 1467; Thermosense XIII, March 1991.

Madding, R.P. Emissivity Measurement and Temperature Correction Accuracy Considerations. Proceedings of SPIE Vol 3700; Thermosense XXI, March 1999.

McIntosh, G.B. Thermographic Techniques. Text from SPIE Short Course 1987-1991; text from Snell Infrared Thermal Solutions Short Course, June 2000.

Ohman, C.G. Practical Methods for Improving Thermal Measurements. Proceedings of SPIE 0313; Thermosense IV, September 1981.