

Comprando una cámara Infrarroja para Mantenimiento

Las Especificaciones que se deben tomar en cuenta

Dependiendo de los requerimientos de la inspección podría haber varias opciones de cámaras de rango medio que podrían cumplir con nuestras necesidades, ya sea si se trabaja dentro de una planta o si se es contratista.

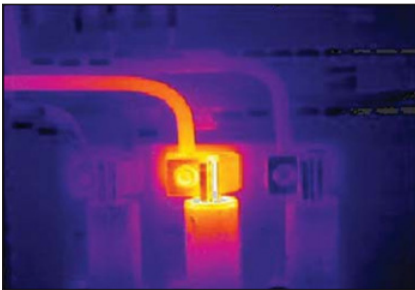


Figura 1

En años recientes han habido avances considerables en las cámaras infrarrojas, los precios han disminuido considerablemente y la calidad de la imagen ha incrementado significativamente. Las cámaras termográficas finalmente son diseñadas pensando en el usuario y tomando en cuenta las aplicaciones específicas. Avances en la tecnología y en materiales han ayudado en lo anterior, pero la expansión del mercado tanto en las aplicaciones y en el número de usuarios han logrado que los fabricantes de cámaras sean más competitivos y respondan a los requerimientos de los clientes. La realidad es que las cámaras termográficas actualmente son más livianas, pequeñas y fáciles de usar a un menor costo.

Las nuevas cámaras termográficas ‘personales’ pueden estar disponibles como una herramienta sola o como un accesorio para el celular, y hasta en algunos casos ya integrado al mismo. Inicialmente diseñadas para pasatiempo con precios que podrían oscilar entre los \$200 y \$1000 USD. Los modelos más avanzados de estas cámaras podrían contar con ciertas características similares a un modelo básico de cámara termográfica profesional, lo que podría causar confusión en el mercado, particularmente cuando estas cámaras personales podrían tener mejor desempeño que una cámara básica profesional. Pero como en la fotografía profesional, existen diferencias entre una cámara amateur y una profesional.

Hace diez años atrás, no era posible encontrar una cámara termográfica profesional llena de funciones por menos de \$20,000 USD, actualmente hay muchas buenas opciones para el mantenimiento industrial llenas de muy útiles funciones por precios desde \$1,000 a \$20,000 USD.

Aún mejor, actualmente una buena cámara para mantenimiento industrial no necesariamente debe ser el modelo más avanzado o el más costoso. Dependiendo de los requerimientos de la inspección podría haber varias opciones de cámaras de rango medio que podrían cumplir con nuestras necesidades, ya sea si se trabaja dentro de una planta o si se es contratista. Si se es un supervisor de mantenimiento, el presente documento podría ayudarle a descifrar el complejo mundo de la termografía y las opciones de cámaras.

¿Cuáles funciones son importantes?

Aunque parezcan sistemas complejos, las cámaras termográficas infrarrojas están compuestas por ciertos componentes básicos como por ejemplo: lente, detector, electrónica, pantalla, controles y baterías. Tal vez pudiéramos no percatarnos de lo anterior al observar la hoja de especificaciones de una cámara termográfica.

Algunas funciones como la sensibilidad térmica y el tamaño del detector son útiles para evaluar el desempeño. Una hoja de especificaciones no nos dirá como funciona y como se siente una cámara al realizar inspecciones en planta, por lo que si se está conside-

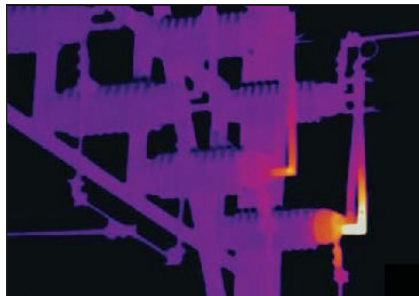


Figura 2

rando la compra de una cámara infrarroja podría ser una buena idea probarla antes de comprarla y compararla con otros modelos similares y aún de diferentes estilos.

Existen muchos factores a considerar además del costo y el servicio post-venta, donde cabe resaltar que The Snell Group no vende, ni representa ninguna marca de cámara termográfica. Por lo que en el presente documento no le recomendaremos ninguna marca o modelo específico, por el contrario, lo que haremos es resumir las especificaciones más importantes a considerar y cuales podrían no serlo. Al final este documento es para ayudarlo para que usted pueda decidir cuál cámara infrarroja es la correcta para realizar su trabajo.

Rango de Temperatura: La especificación más importante es que la cámara debe contener el rango de medición de temperatura que cumpla con las temperaturas de nuestras aplicaciones, lo que se puede determinar conociendo la temperatura más fría y caliente que debemos inspeccionar, por lo que debemos asegurarnos que la cámara exceda dichos límites. Para la mayoría de aplicaciones eléctricas un rango de -20 a 250°C (aproximadamente 0 a 500°F) será adecuado. Para algunas aplicaciones mecánicas, como por ejemplo hornos, monitoreo de procesos o calderas, la temperatura superior podría ser alrededor de $1,000^{\circ}\text{C}$ ($1,832^{\circ}\text{F}$). Es importante saber si se requiere realizar mediciones dentro de todo el rango de temperaturas detectables por la cámara. ***A temperaturas extremas, particularmente frías, algunas cámaras podrían no ser tan sensitivas, calibradas o exactas dentro del completo rango de temperaturas detectables.***

Tamaño del Detector: Relacionado con el número de sensores o 'píxeles' del detector. Aún cuando modelos recientes de cámaras termográficas poseen, por ejemplo, menos de los 5 megapíxeles que podrían tener cámaras digitales de varios modelos de teléfonos celulares actuales, las cámaras termográficas son adecuadas para el mantenimiento predictivo. Más píxeles generalmente significan más detalle a cierta distancia. Excelentes cámaras termográficas podrían estar disponibles con Arreglos de Plano Focal (FPA, ver glosario) de 120×120 (14,400 detectores), 160×120 (19,200) y 320×240 (76,800 detectores). Cámaras de menos de 10,000 'píxeles' (por ejemplo $80 \times 60 = 4,800$ detectores) podrían funcionar bien a distancias más cercanas, como por ejemplo, en componentes de bajo voltaje, pero podrían representar retos de seguridad/distancia al inspeccionar equipo con límites mínimos de acercamiento debido a los arcos eléctricos. FPA mayores a 320×240 , como por ejemplo 640×480 (307,200 detectores), podrían producir imágenes impresionantes y podrían ser consideradas al inspeccionar pequeños componentes a distancias lejanas, como por ejemplo subestaciones en exterior, líneas de transmisión o distribución eléctrica. Habiendo dicho lo anterior, una de las imágenes de la Figura 2, fue capturada utilizando una cámara infrarroja de 640×480 y la otra con una de 320×240 . ¿Puede usted notar la diferencia entre ambas imágenes? Lo que se trata de mostrar con este ejemplo es que ***podría ser recomendable probar la cámara antes de comprarla, pues la especificación del tamaño del detector no indica totalmente como la cámara podría desempeñarse.***

Resolución: Al comprar una cámara infrarroja se debe considerar las necesidades de resolución. ¿Cuál es el tamaño típico de los objetos a inspeccionar? ¿Cuáles son las distancias promedio y extremas a las que se trabajará? ¿Se tiene la habilidad de fácilmente

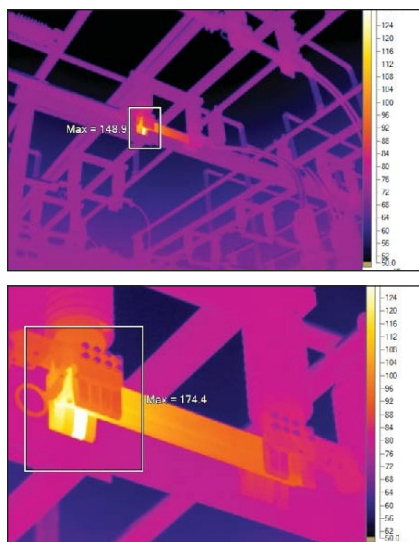


Figura 3

y de manera segura acercarse o alejarse? ¿Existen lentes adicionales disponibles y a qué precio? ¿Se necesita medir temperaturas? Todas estas son consideraciones importantes, por ejemplo, un usuario de termografía que trabaja para una empresa de distribución eléctrica requerirá mayor Resolución Espacial comparado con un técnico en planta que inspeccionan paneles eléctricos a 1-2 metros (3-6 pies). Los dos factores de la cámara que determinan la resolución son el tamaño del detector y el Campo de Visión. ***Al hablar de resolución, existen dos tipos, la requerida para detección y la requerida para medición.***

Resolución Espacial: muchas veces llamada Campo de Visión Instantáneo (IFOV, ver glosario). Puede entenderse como el campo de visión para un solo detector. IFOV es el objeto más pequeño que la cámara podría detectar a cierta distancia, con cierto lente y cierto detector. Usualmente expresada en mili-radianes (mrad), que es una medida angular. Entre más pequeño sea el valor de mrad, mejor será la habilidad de la cámara para detectar objetos pequeños a mayores distancias. Algunos ejemplos de IFOV podrían ser 0.65, 1.4 ó 3.6 mrad. Por ejemplo, una cámara infrarroja con un IFOV de 1.4 mrad, teóricamente podría ser capaz de detectar un objeto de 1.4 cm a 1,000 cm; mientras que una de 3.6 mrad, podría detectar un objeto de 3.6 cm a 1,000 cm. En el Sistema Métrico, los mrad podrían traducirse directamente como tamaño del objetivo (en mm) a 1 metro de distancia. ****Nota: aún cuando el valor de mrad es útil para comparar teóricamente el desempeño de las cámaras, los usuarios podrían no ser capaces de alcanzar dicha resolución en condiciones de trabajo reales.***

Resolución de medición: relacionado al tamaño del objeto a medir, el IFOV medición es el objeto más pequeño del cual la cámara infrarroja puede medir temperaturas de manera precisa a cierta distancia. Usualmente este valor no se encuentra dentro de la hoja de especificaciones, pero una buena referencia podría ser que la resolución de medición típicamente podría ser al menos 3 veces más grande que la resolución especial, por ejemplo, una cámara de 1 mrad de IFOV podría típicamente tener una resolución de medición mayor a 3 mrad. Si se requiere mediciones precisas de objetos pequeños, se debe verificar con el fabricante antes de comprar una cámara para asegurarse que se podrá cumplir con lo requerido. ***Podría encontrarse que para cumplir con los requerimientos de medición de ciertas aplicaciones, sea necesario comprar una cámara con mayor resolución y un lente adicional.***

Campo de Visión: El campo de Visión (FOV, ver glosario) es una medición del ángulo de visión que la cámara observa. Determina el área de visión de la cámara y se define usualmente por dos ángulos, uno horizontal y otro vertical. Entre mayor sea el ángulo, más amplio será el campo de visión. El FOV de un lente de propósitos generales podría ser de entre 20 o 30 grados. Lentes ‘Gran Angular’ podrían tener ángulos mayores a 40°. Lentes ‘Teleobjetivo’ podrían tener ángulos menores a 15°. La magnificación de un lente puede determinarse al dividir el ángulo del lente estándar dentro del ángulo del lente teleobjetivo. Por ejemplo, una magnificación de 2x se puede alcanzar al instalar un lente de 12° en lugar de uno de 24°.

El FOV y el tamaño del detector son los factores principales que determinan la resolución de una cámara termográfica. La calidad óptica del lente podría también ser otro factor, particularmente en cámaras de bajo costo con lentes fijos. ***Muchas cámaras de***

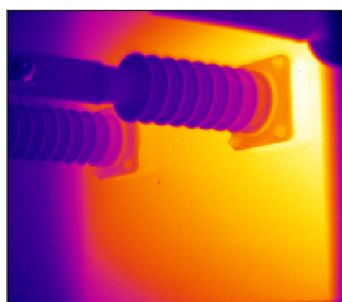


Figura 4

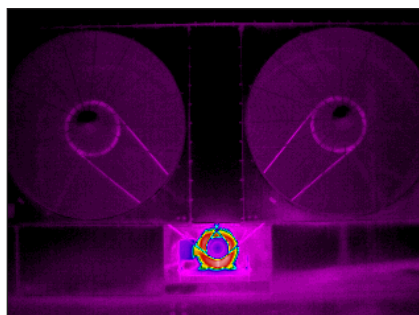


Figura 5

bajo costo con detectores pequeños podrían utilizar lentes gran angular de bajo costo, lo que podría dar como resultado una baja resolución espacial y de medición.

Lentes opcionales: La manera más económica de mejorar la resolución, de ser posible y seguro, es simplemente acercarse. De no ser posible la siguiente mejor opción podría ser utilizar un lente teleobjetivo para mejorar la resolución. Lentes adicionales cuestan más y podrían representar costos adicionales de calibración, pero contar con un lente teleobjetivo es útil en situaciones donde un componente está muy lejano para ser analizado o medido, por ejemplo, un punto caliente en una desconexión en una subestación. De ser requeridas resoluciones menores, podría ser útil comparar el precio de cámaras con detectores más grandes y lente fijo, con el de cámaras con detectores más pequeño y lente teleobjetivo adicional. El número total de píxeles es una especificación bidimensional (área o superficie), y la resolución es representado únicamente con un número unidimensional (IFOV horizontal). Por lo anterior, contar con un lente 2x en una cámara de baja resolución podría resultar más económico que comprar una cámara con 4 veces más resolución de píxeles. **Una cámara de 320x240 (76,800) con un lente de 12° podría tener la misma resolución de una cámara de 640x480 (307,600) con un lente de 24° (ambos 0.65 mrad).**

En la Figura 3 (pagina anterior) podemos observar dos perspectivas de la misma desconexión y de cómo dos lentes podrían impactar no sólo nuestra habilidad de detectar un 'punto caliente', sino también la habilidad de medición. Ambas imágenes fueron tomadas desde la misma posición. Aun cuando se puede detectar la misma anomalía a la misma distancia (el IFOV está bien en ambas imágenes), con el mayor ángulo de FOV no se cuenta con suficiente resolución de medición. Notemos como la temperatura máxima del área de medición en la primera imagen mide aproximadamente 149°F (65°C) mientras que la imagen de abajo con el lente teleobjetivo mide 174°F (79°C). El lente teleobjetivo no sólo provee mayor detalle, sino también una mejor evaluación de la severidad del hallazgo con mejor medición de la temperatura aparente como resultado de la mejor resolución de la imagen.

En espacios pequeños donde la perspectiva podría no ser suficiente, como al inspeccionar la parte de atrás de un switchgear donde no hay mucho espacio, se podría considerar un lente gran angular. Algunos lentes 'ultra gran angular', como por ejemplo de 65° o más (como el utilizado en la Figura 4 para ver a través de un puerto o ventana infrarroja), permiten al usuario capturar imágenes con mayor FOV dentro del gabinete sin tener que abrir la puerta para inspeccionarlo. Una consideración importante de seguridad para muchos programas.

Otra aplicación donde un lente gran angular podría ser útil es al inspeccionar sistemas mecánicos de fajas y poleas (Figura 5). Capturar el sistema completo en una sola imagen podría ser útil al tratar de comprender todo el sistema o al tratar de observar la tendencia de temperatura de múltiples componentes. Lo anterior podría ayudar a ahorrar tiempo y podría permitir un mejor análisis.

Zoom Digital: Algunas cámaras podrían contar con zoom digital, pero lo anterior es solo para ampliar electrónicamente el FOV y no es realmente un zoom óptico. De manera general el zoom digital puede resultar útil cuando la resolución en píxeles del

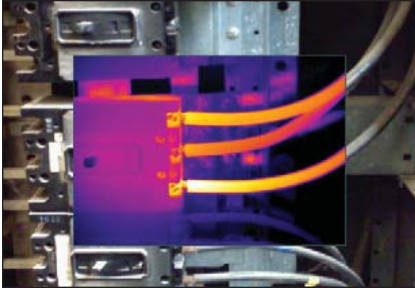


Figura 6

display es menor a la resolución del detector. Muchos sistemas de 320x240 (80,000 aprox) utilizan un display de 640x480 (300,000 aprox), por lo que el zoom digital no es útil. Si una cámara con detector de 1024x768 (800,000 aprox.) tiene un display digital de 640x480 (300,000 aprox.) el zoom podría ser útil para lograr un mejor enfoque. Lo anterior podría ser el caso de muchas cámaras de alta resolución que utilizan visor dióptrico en exteriores.

Sensibilidad térmica: También llamada NETD en la hoja de especificaciones, esta define la diferencia de temperatura más pequeña que la cámara puede detectar. Típicamente se especifica en milliKelvin (mK), por ejemplo, una cámara de 100 mK teóricamente podría detectar una diferencia de temperatura de 0.1°C (0.18°F). Entre más pequeño sea el valor, más sensible es la cámara, la sensibilidad térmica en cámaras actuales podría ir de 20 a 50mK (0.02-0.05°C), en cámaras de bajo costo la sensibilidad podría ser de hasta 200 mK (0.2°C, 0.36°F). Típicamente para mantenimiento predictivo no es necesario contar con la mejor sensibilidad térmica. Por ejemplo, en aplicaciones como inspección de edificaciones, NDT de aeronaves o investigación biomédica, podría ser necesario detectar pequeñas diferencias de temperatura.

Relativo a la sensibilidad térmica son las funciones que permiten al usuario ajustar la escala de temperatura de la paleta de color. Muchas veces llamadas ajustes de Nivel e Intervalo térmico, permiten a los usuarios tomar el control e igualar la sensibilidad de la cámara con el intervalo de las temperaturas distribuidas sobre la superficie del objeto inspeccionado. El nivel e intervalo permite al usuario ajustar la imagen a la sensibilidad térmica requerida, o agrandar la escala de temperaturas si la imagen así lo requiere. Un ajuste fácil del nivel e intervalo podría permitir hacer más eficiente el tiempo de inspección, y podría ayudar a detectar detalles más pequeños e importantes. *Muchas de las cámaras básicas podrían no contar con ajuste de nivel e intervalo, y de contar con dicha función podrían ser difíciles de ajustar y tomar más tiempo.*

Mediciones Radiométricas: Actualmente muchas cámaras termográficas poseen al menos un medidor de temperatura fijo en el centro de la pantalla. Algunos modelos van un poco más allá y permiten agregar cuadros, círculos o líneas de medición de temperatura que podrían proveer las temperaturas máximas, mínimas y promedio aparentes del componente. Contar con al menos un medidor de temperatura puede ser útil, sin embargo, el usuario debe estar calificado si desea medir temperaturas con la cámara termográfica. Valores de temperatura podrían ser medidos erróneamente si el usuario no entiende o corrige los valores de Emisividad y Temperatura Reflejada en la cámara. Si se realizarán mediciones de temperatura a través de ventanas infrarrojas es importante también poseer la habilidad de ajustar la Transmisión.

Las tablas de emisividades con la que muchas cámaras actualmente podrían contar como parte del menú, podrían resultar confusas y hasta peligrosas si se desea realizar mediciones de temperatura, con algunas excepciones dicha tabla no debería ser utilizada. Otro problema con mediciones de temperatura es que algunos usuarios prestan mucha atención a la medición, especialmente al priorizar una anomalía térmica, y no prestan suficiente atención a lo que el patrón térmico les indica. *Cambiar el valor de la emisividad modifica la medición de temperatura, pero no la imagen térmica, por lo que no es importante para análisis cualitativo.*



Figura 7

Precisión: Todas las cámaras capaces de realizar mediciones radiométricas tendrán una especificación de precisión teórica*. Muchas personas podrían asumir que la precisión es igual a la sensibilidad térmica, pero no es el caso. La precisión será mucho más grande (peor) y típicamente está especificada como por ejemplo, $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ó $\pm 2\%$ de la medición, lo que sea más grande. Lo anterior significa que para mediciones de hasta 100°C la precisión será de $\pm 2^{\circ}\text{C}$ pero para 150°C será $\pm 3^{\circ}\text{C}$ (2% de la medición). **El objeto a medir debe ser más grande que el IFOV_{medición} únicamente para altas emisividades.*

Captura de Imagen Visual: Una función útil de muchas cámaras termográficas actuales es contar con una cámara digital visual que captura la imagen visible juntamente con la imagen infrarroja, lo cual es muy útil para los reportes. Algunas de las cámaras digitales podrían ser mejores en algunos modelos, pero la mayoría podrían proveer imágenes adecuadas para documentación visual del lugar donde se tomó la imagen infrarroja. Aunque no es necesario para la imagen infrarroja, las cámaras termográficas que cuentan con una cámara visual deberían contar con algún tipo de flash o lámpara para iluminar la imagen visual capturada de lugares oscuros o con baja luz. Por ejemplo, no todos los paneles eléctricos se encuentran ubicados en ambientes bien iluminados dentro de una planta, por lo que resulta necesario contar con suficiente contraste para examinar los detalles guardados en la imagen visual.

En algunos modelos la cámara visual permite la función de ‘imagen dentro de imagen’ o ‘mezcla’, que combina la imagen infrarroja y la visual. La función de imagen dentro de imagen se muestra en la Figura 6 y podría ser útil para mostrar cual fase está más caliente. La ‘alarma’ de color podría ser útil para mostrar en infrarrojo áreas luego que ciertas temperaturas han sido sobrepasadas, el resto de la imagen se mostraría en visible.

Lo anterior podría ser útil para mostrar un evento de sobre temperatura (Figura 7). Debemos ser precavidos con las funciones que ‘mezclan’ o ‘delimitan’ la imagen visual, mejorando la imagen visual y obscureciendo o reduciendo contraste de la imagen térmica. Esta técnica usualmente podría ser utilizada en cámaras infrarrojas de baja resolución para aparentar mayor resolución, pero pueden crear confusión, sobre todo al observar superficies visiblemente reflectivas o de alto contraste (como el vidrio u objetos multicolor). *Los usuarios de la termografía están entrenados para interpretar los patrones térmicos, por lo que funciones de mezcla o delimitación podrían distraélos, y aun cuando se puedan utilizar en los reportes, podrían resultar en detrimento al momento de la inspección.*

Anotación de Voz o Texto: Aún cuando equipo por separado para grabación de voz pueda ser útil, las grabadoras de voz integradas en muchas cámaras podrían permitir al usuario trabajar más eficientemente. Se debe tener en cuenta que en ambientes ruidosos podría dificultarse el uso de esta función, sin embargo, dicha función podría facilitar y expeditar la realización del reporte. Debido a que la anotación de voz está adjunta a las imágenes térmica y visual, todo lo que se tiene que hacer es abrir el archivo en el software y revisar las anotaciones para luego escribirlas en el reporte. No se necesitan lápices, block de notas u otro dispositivo de grabación difíciles de llevar. Las personas que utilizan EPP como casco o careta de protección apreciarán lo anterior, ya hay muchas cosas que debemos cargar, por lo que una grabadora de voz integrada ciertamente simplificará nuestra vida.

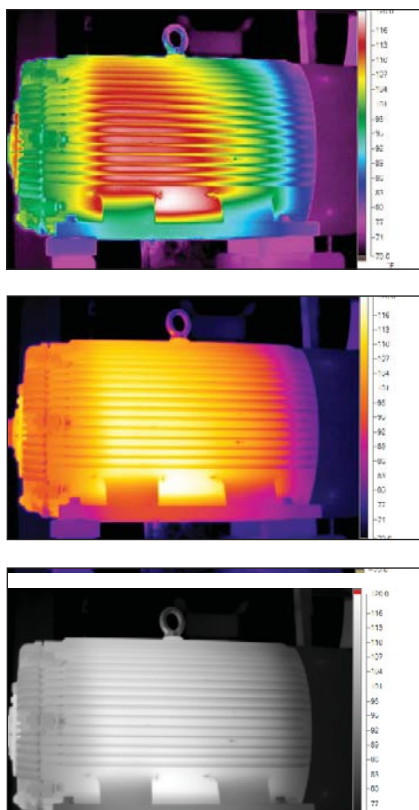


Figura 8

Las actuales anotaciones de texto de las cámaras no ofrecen la misma facilidad de uso que las anotaciones de voz, pero podrían ser útiles para algunas anotaciones de texto básicas, especialmente si se cuenta con algunas opciones de texto pre-cargado en la cámara. Se podrían crear categorías y etiquetas con la información pre-cargada. Habiendo dicho lo anterior, hasta que las cámaras tengan teclados en pantallas más fáciles de usar, *las anotaciones de voz son más fáciles y eficientes para tomar notas durante las inspecciones.*

Pantalla: Una pantalla LCD de alta calidad es esencial para diagnosticar una imagen, el tamaño de las mismas puede variar considerablemente dependiendo cada modelo de cámara, por lo que resulta recomendable probar por lo menos un par de diferentes modelos. Grandes pantallas pueden resultar de ayuda y más fáciles de observar, especialmente si más de una persona tratará de ver el problema. Una desventaja de las pantallas LCD es que pueden resultar un reto para utilizar en exteriores en condiciones soleadas o nubladas. Muchos fabricantes de cámaras proveen la opción de accesorios para brindar 'sombra' a la pantalla que puede ser colocada sobre la misma y que reduce los problemas de brillo. Pero si se va a trabajar mayormente en exteriores, un visor dióptrico de imágenes podría ser la mejor opción.

Enfoque o Foco: Lentes de cámaras pueden estar disponibles en muchas variedades incluyendo: enfoques motorizados, automáticos, manuales y fijos. Enfoques fijos podrían resultar convenientes, pero podría tenerse problemas con la claridad de la imagen al observar objetos muy cercanos o lejanos. El enfoque Motorizado o Automático podría permitir un rápido y simple enfoque con una mano en ciertos modelos. Una desventaja podría ser la dificultad al tratar de realizar un enfoque más 'fino'. Muchos usuarios de la termografía podrían inclinarse por el enfoque manual, donde el usuario puede girar el aro de enfoque. Podría ser recomendable que el usuario pruebe las funciones anteriores para conocer su preferencia personal. *No existe un tipo de enfoque mejor o peor, lo importante es lograr el enfoque adecuado.*

Baterías: Básicamente podrían existir tres opciones de baterías que se listan a continuación en orden de preferencia: intercambiables, no-removibles o alimentado por otro dispositivo como un teléfono inteligente (no recomendado). La duración de la batería dependerá del modelo de la cámara, los hábitos de inspección del usuario y los ajustes de la cámara, por ejemplo, el brillo de la pantalla. Podría ser recomendable contar con una cámara que posea un tiempo de vida de 3-4 horas por batería. Para un día completo de inspección múltiples baterías intercambiables típicamente son requeridas. Baterías no-removibles requerirán que la cámara sea directamente conectada para recargarla, el tiempo de carga podría tomar alrededor de 1-2 horas. Las baterías y cargadores típicamente son específicos para cada marca, por lo que podría ser recomendable planificar la compra.

Paleta de color: Una cámara debería contar con al menos tres paletas de color: Alto contraste, Monocromática y Escala de grises (figura 8). Muchos usuarios de la termografía podrían preferir utilizar una Paleta de Escala de grises o Monocromática (sombras de algunos pocos colores), pues estas podrían ser más fáciles para enfocar. Una Paleta de Escala de grises es esencial para personas daltónicas, y la Monocromática podría ser preferida por personas con algún grado de limitación visual. Una Paleta de Alto contraste podría resultar



Figura 9

útil para algunas aplicaciones mecánicas, como por ejemplo: calderas, hornos, u otras situaciones que requieran una mayor delimitación térmica como bloqueos de líneas, niveles de líquido y sedimento en tanques. La Paleta de color utilizada al guardar la imagen podrá ser cambiada luego en el software de reporte provisto por el fabricante.

Cuadros por segundo: Muchos detectores podrían ser catalogados como de doble propósito, tanto para uso militar y comercial. Los sistemas militares requieren un alto número de cuadros por segundo, como por ejemplo, 30 ó 60 Hz. Sin embargo, muchas cámaras con alta cantidad de cuadros por segundo o refresco de imagen, podrían contar con cierta limitación de venta en Estados Unidos o Canadá debido a una restricción llamada ITAR. Para evitar esta restricción algunos fabricantes podrían producir cámaras de 60 Hz para utilizar dentro de Estados Unidos y Canadá, y de 9 Hz para otros países. Otros fabricantes podrían decidir producir únicamente cámaras termográficas de 9 Hz. Algunos fabricantes podrían utilizar técnicas como 'promediar cuadros' para reducir de 60 Hz a 9 Hz. La diferencia podría ser dramática, como en el caso de un objeto en movimiento o una cámara que no está quieta, donde la imagen podría verse borrosa, o en otro caso el objeto podría parecer que saltó de un lado al otro en la misma imagen. La velocidad del diafragma podría ser de 60 veces por segundo, pero el refresco de la imagen en la pantalla podría ser 9 veces por segundo. Lo anterior típicamente no es un problema al inspeccionar objetos estáticos, como por ejemplo, gabinetes eléctricos, o cuando la cámara esta quieta, pero podría representar un problema al examinar objetos en movimiento o que rotan. Una cámara de 30 o 60 Hz podría ser preferida para Monitoreo de Condición si no se va a viajar fuera de Estados Unidos o Canadá, de lo contrario podría resultar más sencillo en cuanto a papelería y tiempo adquirir una cámara termográfica de 9Hz sin restricciones ITAR.

Puntero Laser: Esta opción no siempre es requerida, pero podría brindar una guía visual hacia donde apunta la cámara. Debido al paralelismo el láser podría no siempre estar alineado exactamente con el cursor central de la cámara, aunque podría estar cercano. Podría ser utilizado por principiantes o personas que trabajan en ambientes industriales complejos donde se tenga mucha presencia de tuberías, válvulas, trampas de vapor, etc.

Almacenamiento de imágenes: Imágenes o videos pueden utilizar dos tipos de formato, uno Bajo de 8 bit donde se guarda únicamente un duplicado de lo que se observa en la pantalla, por ejemplo, .jpg .bmp, .mpg; o uno Alto de 14 bit donde se guarda en lenguaje del fabricante que contiene información del rango y sensibilidad térmica. Cámaras de bajo costo podrían únicamente almacenar imágenes o videos de formato Bajo que no permitirían reajustar la imagen luego en el software. Imágenes o videos de formato Alto podrían ser ajustados únicamente en el software del fabricante, y podrían permitir importantes cambios radiométricos y de otros parámetros como emisividad, temperatura reflejada, nivel, intervalo, paleta, cursores de medición, etc. *Almacenar imágenes de Alto formato es esencial para casi todas las aplicaciones de mantenimiento predictivo.*

Las imágenes podrían ser guardadas en una tarjeta de memoria o en la memoria interna, ambas opciones podrían funcionar bien, pero se debe asegurar que las imágenes podrán ser luego transferidas al computador. Al considerar una cámara, se debe pensar de manera realista acerca de cuantas imágenes se desean almacenar antes de descargarlas.



Figura 10

La mayoría de tarjetas SD actualmente podrían ser mayores a 2 GB, que es más que suficiente para un día de inspección. Grabar video, particularmente de 14 bit podría limitar el tiempo de grabación de memoria interna y podría requerir tarjetas grandes de memoria de al menos 32 GB.

Ergonomía/Facilidad de uso: Muchas veces no se toma en cuenta, pero es importante que la cámara sea fácil de utilizar. Ajustes de imagen, enfoque y la operación básica debe ser intuitiva. Debería evitarse menús o ajustes complicados como por ejemplo de enfoque, nivel, intervalo, captura de imagen, etc. ¿Es cómodo el equipo para sostenerlo un par de horas o todo el día? ¿Esta balanceado o causa dolor en el brazo, muñeca o espalda? ¿Todos los controles son de fácil acceso? ¿Se puede utilizar la cámara con una mano, ya sea derecha o izquierda según la preferencia? ¿Cuenta con un buen ángulo de visión? ¿Puede utilizarse la cámara fácilmente con EPP, incluyendo guantes y careta? ¿Se inspeccionará objetos cercanos al suelo o en alturas? Lo anterior podría indicar si se necesita una cámara con pantalla articulada o tipo pistola (figura 9).

Análisis de imágenes y Reportes: Muchas cámaras actualmente podrían contar con un software básico gratuito del fabricante, con el cual se podrían realizar ajustes básicos y agregar análisis y comentarios, o exportar imágenes con algunos ajustes como escala, paleta de color y reporte genérico. Algunos fabricantes podrían ofrecer softwares adicionales más robustos por un costo adicional, que podrían típicamente ofrecer más funciones de las básicas necesarias para generar reportes básicos efectivos. Algunos softwares podrían requerir contar con Word o Adobe instalado en la computadora para exportar el archivo final. Algunos programas de mantenimiento que utilizan múltiples tecnologías de inspección como: vibración, ultrasonido, etc., podrían requerir un software más completo para compilar toda la información de todas estas tecnologías en una sola base de datos para análisis. En algunas ocasiones muy específicas, un software para analizar tendencias podría ser necesario luego de encontrar posibles problemas. De ser el caso un software básico podría no cumplir con lo anterior.

Entrenamiento y Cualificación

Las cámaras termográficas actualmente son más fáciles de utilizar y más económicas, sin embargo, los usuarios aún necesitan estar calificados para utilizarlas adecuadamente, esto incluye un correcto entrenamiento y experiencia. En The Snell Group no estamos tan preocupados si alguien está certificado o no, estamos más interesados en que las personas estén calificadas para realizar mejores inspecciones, obtener mejores resultados y trabajar más eficientemente.

Desafortunadamente a medida que algunas cámaras termográficas muy básicas se pueden encontrar alrededor de los US\$2,000 (y el precio podría continuar descendiendo en el futuro), algunas personas podrían preguntarse si es necesario un curso de entrenamiento de precio similar. Podríamos, por ejemplo, indicar que la herramienta mecánica profesional no es tan cara y fácil de utilizar, pero se necesita personal de mantenimiento calificado para saber como arreglar una máquina, lo mismo puede aplicarse a una cámara termográfica. Para tener éxito con esta herramienta no sólo se requiere contar con buenas habilidades en el uso de la cámara, también es necesario un conocimiento profundo de la transferencia de calor, radiación infrarroja, condiciones necesarias para la inspección y el funcionamiento de los equipos.

Los sistemas industriales pueden ser complejos debido a cargas variables, grandes gradientes térmicos y la emisividad que pueden enmascarar los patrones térmicos y guiarnos a un diagnóstico inadecuado de una anomalía. El usuario de la termografía debe entender el patrón térmico que está observando y también lo que no puede observar. Sin el fundamento adecuado de entrenamiento y experiencia sólida podrían cometerse errores, algunos de los cuales podrían ser muy costosos.

Buenas opciones de entrenamiento pueden estar disponibles, y debemos asegurarnos que se está escogiendo el entrenamiento que específicamente cubre el tipo de cámara que se utiliza y las aplicaciones propias. Para grupos de usuarios de termografía podría tener sentido un entrenamiento en planta que permita evitar que el grupo de personas de mantenimiento tenga que desplazarse y evitar costos adicionales relacionados al viaje.

Se debe tener cuidado de empresas de entrenamiento que indican que 'certificarán' al personal sólo por asistir al entrenamiento o al comprar alguno de sus productos. Algunas de esas certificaciones podrían ser únicamente una herramienta de marketing y ventas, más que un servicio que realmente ayude a que los usuarios de la termografía estén calificados para realizar inspecciones.

El futuro de la termografía es brillante

El número de opciones de cámaras termográficas llenas de muy útiles funciones y al alcance de muchos presupuestos es amplio. Ahora es un buen tiempo para analizar las necesidades que se tienen e investigar los beneficios entorno a la inversión de una cámara termográfica.

Hagamos nuestra tarea investigando y probando diferentes equipos. Si usted está considerando comprar una cámara termográfica no dude en contactarnos pues estamos prestos a ayudarlos en el proceso de la decisión, no le diremos la marca o modelo de cámara infrarroja que debe comprar, pero trabajaremos con usted para asegurarnos que la cámara termográfica que decida adquirir cumpla con sus necesidades y aún más importante con su presupuesto.

Glosario de equipo Infrarrojo

Temperatura reflejada: Fuente de radiación infrarroja que se refleja en la superficie que la cámara termográfica está observando.

FOV: (Field of View). Medida del ángulo que la cámara observa, la especificación típicamente se expresa en dos grados, uno horizontal y uno vertical, ejemplo: 24° x 18°.

FPA: Focal Plane Array. Sistema infrarrojo con Arreglo de Detector ubicados dentro de la distancia focal del lente.

Arreglo del Detector: Número compuesto por la cantidad total de detectores individuales dentro de un arreglo de filas y columnas (una matriz). Se calcula al multiplicar los dos números del detector como por ejemplo: 320x240=76,800 ó 160x120=19,200.

Emisividad: Propiedad de un material que describe su habilidad de irradiar energía infrarroja comparado con una fuente de radiación infrarroja teóricamente perfecta (cuerpo negro infrarrojo), que esté a la misma temperatura. El valor puede ser entre cero y uno.

IFOV: (Instantaneous Field of View). El área más pequeña que la cámara infrarroja puede detectar en un instante. Conocido también como Resolución Especial, expresada en mili-radianes.

IFOV_{medición}: (Instantaneous Field of View de Medición). El área más pequeña que la cámara infrarroja puede medir en un instante. Expresada en mili-radianes.

Isotérmico: Función de software que delimita o remarca áreas a cierta temperatura aparente o radiosidad en una imagen.

Nivel: La posición del intervalo térmico dentro de un rango térmico seleccionado. Similar al brillo visual.

Resolución de Medición: Ver IFOV_{medición} y Área de medición.

Área de medición: Área que puede ser medida por un sistema radiométrico a cierta distancia. Expresado en mili-radianes. Relación de la Distancia al Objetivo (D/S), donde el objetivo siempre se expresa como la unidad. Ejemplo: 1mRad=(D/S)=1000:1 ó IFOV_{medición} = 4mrad= D/S=250:1.

MilliKelvin (mK): Una milésima de un Kelvin. Medición de temperatura igual a la diferencia de un 1 mili-Celsius (0.001°C ó 0.018°F).

NETD: (Noise Equivalent Temperature Difference). Método de prueba típicamente utilizado para determinar la Sensibilidad Térmica de una cámara infrarroja.

Paleta de Color: Los colores asociados con una escala de temperatura asignada por el operador a una imagen. No corresponde al color visual natural del objeto.

Termografía Cualitativa: Imagen térmica sin medición radiométrica de temperatura.

Termografía Cuantitativa: Imagen térmica con medición radiométrica de temperatura.


Radiométrico: Respuesta del detector infrarrojo a la radiación infrarroja a la que está calibrada para inferir una temperatura debido a la radiación detectada. Una cámara totalmente radiométrica podrá medir temperatura en cualquier lugar de la imagen. Otras cámaras únicamente podrían contar con un cursor central de medición.

Rango: Temperaturas mínima y máxima predefinida por el fabricante que puede ser visualizada o medida. Muchas cámaras de mantenimiento predictivo podrían poseer más de un rango térmico. Cámaras infrarrojas para inspecciones en edificaciones podrían poseer un único rango 'bajo' de temperaturas.

Resolución Espacial: IFOV

Intervalo: Diferencia entre la temperatura superior e inferior en donde se despliega la paleta de color dentro del rango de la imagen térmica. Similar al contraste visual.

Radiómetro de punto: Medidor radiométrico de temperatura, que no muestra una imagen térmica. También llamado termómetro infrarrojo sin contacto. Herramienta económica (US\$100-1000) y útil al utilizarla adecuadamente. Presente severas limitaciones de Resolución Espacial y corrección de Emisividad. La resolución de medición muchas veces se expresa mediante la relación D/S.

Sensibilidad térmica: Usualmente determinada mediante prueba NETD, es la mínima diferencia de temperatura en mK que teóricamente puede detectar la cámara sobre una superficie a cierta temperatura. Típicamente definida a una temperatura de 30°C (86°F). El valor puede empeorar a valores más altos o bajos de temperatura, en comparación a la temperatura a la que fue definida. 

Para más información acerca de termografía y entrenamiento de termografía infrarroja, puede visitar la página www.thesnellgroup.com/espanol o contactar a The Snell Group al 1-800-636-9820.