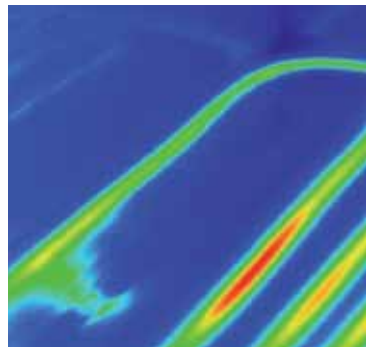
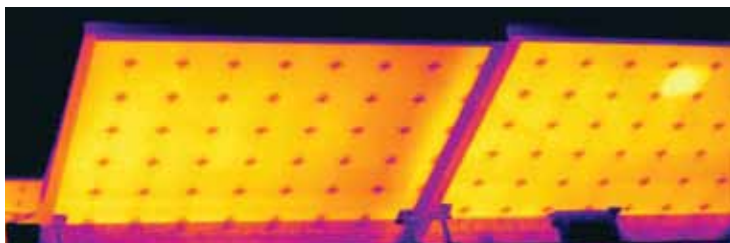




GUÍA SOBRE TERMOGRAFÍA PARA APLICACIONES EN EDIFICIOS Y ENERGÍA RENOVABLE

Guía informativa de utilización de cámaras termográficas para la inspección de edificios, paneles solares y turbinas eólicas.



Contenido

1.	La cámara termográfica y su funcionamiento	8
2.	Ventajas de la termografía	10
3.	Uso de termografía para las aplicaciones de construcción	14
4.	Física térmica para las aplicaciones de construcción	26
5.	Cámaras termográficas para la inspección de paneles solares	32
6.	Inspección de turbinas eólicas con cámaras termográficas	44
7.	Elección del proveedor de cámaras termográficas adecuado	48
8.	Encontrar la mejor solución	50
9.	Cómo llevar a cabo inspecciones térmicas	62

Esta guía se ha creado en estrecha colaboración con el Centro de Formación de Infrarrojos (ITC).
Todas las imágenes son únicamente ilustrativas.

LAS ESPECIFICACIONES ESTÁN SUJETAS A CAMBIOS SIN PREVIO AVISO © Copyright 2011, FLIR Systems AB. Todas las demás marcas y nombres de productos son marcas registradas de sus respectivos propietarios.

Introducción

La primera cámara termográfica comercial se vendió en 1965 para inspecciones de cables de alimentación de alta tensión, por quien más tarde se convertiría en FLIR Systems.

Desde entonces, la tecnología termográfica ha evolucionado. Las cámaras termográficas se han convertido en sistemas compactos con el aspecto de una cámara de vídeo o de fotos digital. Son fáciles de usar y producen imágenes nítidas de alta resolución en tiempo real.

El sector de la construcción fue uno de los primeros en descubrir rápidamente que la termografía puede proporcionar información valiosa, prácticamente imposible de captar con cualquier otra herramienta. De ser una tecnología inusual, las cámaras termográficas han evolucionado hasta convertirse una herramienta de uso generalizado por inspectores de edificios de todo el mundo.

Una cámara termográfica es la única herramienta capaz de representar la pérdida de energía de un edificio. El método es rápido y las termografías que produce la cámara son un argumento preciso y convincente.

El uso de una cámara termográfica, ya sea como herramienta única o combinada con otros métodos como los sistemas de "puerta-ventilador", agiliza el trabajo de forma notable. Las termografías localizan con exactitud dónde se detectan pérdidas de energía, sin necesidad de efectuar ninguna prueba destructiva.



Las cámaras termográficas han sufrido una gran evolución durante los últimos 50 años. FLIR Systems siempre ha sido pionera en termografía comercializando las cámaras termográficas más avanzadas.

Una cámara termográfica es un instrumento fiable capaz de analizar y visualizar a distancia la distribución de temperatura de superficies completas con rapidez y precisión. Los programas de termografía han permitido lograr un ahorro sustancial en costes en todo el mundo.

Termografía para el sector de la construcción

Desde 1970 cada vez somos más conscientes de que los recursos energéticos son valiosos y limitados.

El sector de la construcción es el responsable del 40% del consumo energético de la Unión Europea y ofrece el mayor potencial individual de eficiencia energética. Debido a este enorme potencial, la Comisión europea ha elaborado una directiva para la regulación del rendimiento energético de los edificios, en la que ya se basan muchas leyes nacionales. Miles de negocios europeos ya están comprometidos, mientras que los certificados de rendimiento energético (EPC) se han convertido en obligatorios en muchos países de la Unión Europea para nuevas construcciones y reacondicionamientos de edificios.

Esto, junto con los recientes paquetes de estímulo económico en muchos países, orientan la demanda hacia las comprobaciones de hermeticidad del aire y de otros métodos de investigación de la eficiencia energética.

A más largo plazo, es probable que veamos la aparición de directivas de la UE más estrictas para el ahorro energético en edificios. Esto supondrá un gran impacto en muchos profesionales que trabajan en el sector de la construcción.



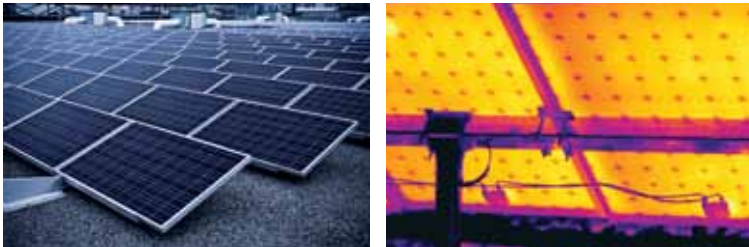
Las cámaras termográficas modernas son pequeñas, ligeras y fáciles de usar.

Energías renovables

El hecho de que las fuentes de energía tradicionales como el carbón, el gas y el petróleo sean escasas hace que sus precios sean elevados. Además, ha crecido la conciencia de que no podemos seguir contaminando el planeta utilizando dichos combustibles fósiles.

Solar

Los paneles solares pueden convertir la energía solar en electricidad. Y en dinero. Sin embargo, la clave para conseguir una rentabilidad máxima y obtener un alto rendimiento durante décadas, es una gran calidad. La placa solar, la parte más importante de un sistema solar, debe ser fiable y capaz de producir electricidad durante años hasta el final de su vida útil. Las cámaras termográficas pueden desempeñar un papel importante para garantizar la buena calidad durante el ciclo de vida completo de una placa solar.



El uso de cámaras termográficas para la evaluación de paneles solares ofrece varias ventajas. Las anomalías se pueden ver de forma clara en una termografía nítida y, a diferencia de la mayoría de los demás métodos, las cámaras termográficas se pueden utilizar para escanear paneles solares durante su funcionamiento normal.

Conforme las reservas de combustibles fósiles van escaseando, los precios del carbón y del gas alcanzan su punto más alto y mucha gente mira al sol en busca de una fuente de energía renovable. Pero los paneles solares son vulnerables al desgaste. Por lo tanto, profesionales de la construcción de todo el mundo utilizan cámaras termográficas para inspeccionar los paneles solares instalados en los tejados o parques solares.

Eólica

Otra fuente de energía renovable es la eólica. Las turbinas eólicas se están haciendo muy populares en todo el mundo para generar de energía. Se están instalando parques eólicos tanto en tierra como en mar.

Una turbina eólica contiene muchos componentes mecánicos y eléctricos que se pueden comprobar fácilmente con una cámara termográfica. La correcta inspección de mantenimiento de todas las piezas de una turbina eólica garantiza que seguirá generando electricidad durante muchos años.



Termografía de una turbina eólica tomada desde el suelo.

Este documento es una guía exhaustiva para las inspecciones en edificios, paneles solares y turbinas eólicas con una cámara termográfica. Al realizar una inspección termográfica, hay muchos detalles que se deben considerar. Además de conocer cómo funciona la cámara termográfica y cómo tomar imágenes, es importante conocer la física tras los patrones térmicos de un edificio, panel solar o turbina eólica y cómo se construyen. Todo ello se debe tener en cuenta para comprender, interpretar y evaluar las termografías correctamente.

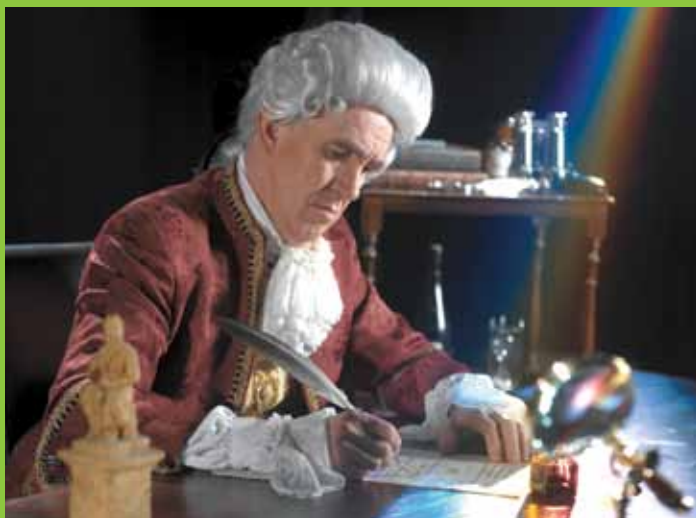
Sin embargo, resulta imposible tratar todos los principios, conceptos y usos de los sistemas para el análisis de estos tipos de aplicaciones solo en esta guía. Por ello, FLIR Systems ofrece cursos de formación en colaboración con el Centro de formación en infrarrojos (ITC), específicamente diseñados para aplicaciones de construcción.

Contenidos de esta guía:

- Aplicaciones termográficas
- Funcionamiento de la cámara termográfica y consideraciones a la hora de comprar una cámara
- Consejos exhaustivos sobre cómo realizar inspecciones termográficas

La cámara termográfica y su funcionamiento

Una cámara termográfica registra la intensidad de la radiación en la zona infrarroja del espectro electromagnético y la convierte en una imagen visible.



Sir William Herschel descubrió la radiación infrarroja en 1800.

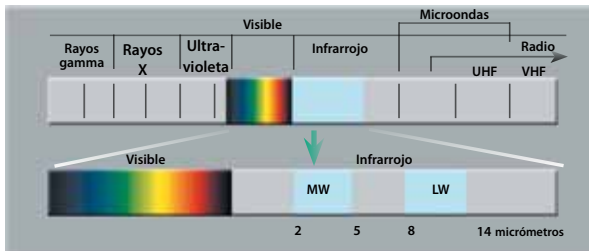
¿Qué son los infrarrojos?

Nuestros ojos son detectores diseñados para percibir la radiación electromagnética en el espectro de luz visible. Cualquier otro tipo de radiación electromagnética, como la infrarroja, es invisible para el ojo humano.

El astrónomo Sir Frederick William Herschel descubrió la existencia de la radiación infrarroja en 1800. Su curiosidad por la diferencia térmica entre los distintos colores de la luz le llevó a dirigir la luz solar a través de un prisma de cristal para crear un espectro y, a continuación, midió la temperatura de cada color. Descubrió que dichas temperaturas crecían en progresión desde la parte del violeta hacia la del rojo.

Tras observar este patrón, Herschel midió la temperatura del punto inmediato más allá de la porción roja del espectro, en una región sin luz solar visible. Y, para su sorpresa, halló que esa región era la que mostraba la temperatura más alta.

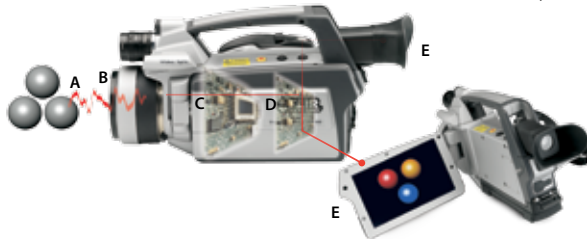
Los infrarrojos están a medio camino entre el espectro visible y las microondas del espectro electromagnético. La fuente principal de radiación de infrarrojos es el calor o la radiación térmica. Cualquier objeto con una temperatura superior al cero absoluto ($-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ o 0 Kelvin) emite radiación en la región infrarroja. Hasta los objetos más fríos que podamos imaginar, como los cubitos de hielo, emiten rayos infrarrojos.



Todos los días estamos expuestos a rayos infrarrojos. El calor de la luz solar, del fuego o de un radiador son formas de infrarrojos. Aunque nuestros ojos no los vean, los nervios de nuestra piel los perciben como calor. Cuanto más caliente es un objeto, más radiación de infrarrojos emite.

La cámara termográfica

La energía de infrarrojos (A) que irradia un objeto se enfoca con el sistema óptico (B) sobre un detector de infrarrojos (C). El detector envía los datos al sensor electrónico (D) para procesar la imagen. Y el sensor traduce los datos en una imagen (E), compatible con el visor y visualizable en un monitor de vídeo estándar o una pantalla LCD.



La termografía de infrarrojos es el arte de transformar una imagen de infrarrojos en una imagen radiométrica que permita leer los valores de temperatura. Por tanto, cada píxel de la imagen radiométrica es, de hecho, una medición de temperatura. Para ello se incorporan a la cámara termográfica algoritmos complejos.

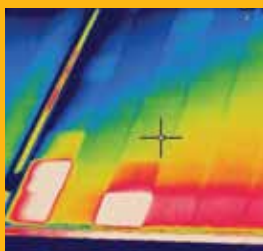
2

Ventajas de la termografía

Las cámaras termográficas para aplicaciones de construcción son potentes herramientas no invasivas para la supervisión y el diagnóstico de la condición de edificios, paneles solares y turbinas eólicas. Con una cámara termográfica, se puede identificar problemas anticipadamente, de forma que se pueden documentar y corregir antes de que se agraven y resulte más cara su reparación.

Las cámaras termográficas FLIR:

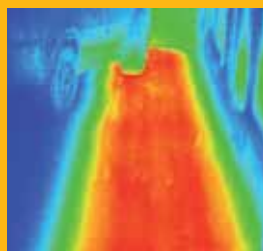
- Son tan fáciles de usar como una videocámara o cámara digital
- Proporcionan una imagen detallada de la situación
- Identifican y localizan el problema
- Miden temperaturas
- Guardan información
- Indican exactamente qué se necesita corregir
- Ayudan a encontrar fallos antes de que se produzcan problemas reales
- Le permiten ahorrar tiempo y dinero



Defectos en celdas fotovoltaicas.



Inspección térmica de la instalación de una ventana.



Pavimento con calefacción, con sólo una parte en funcionamiento.

FLIR Systems ofrece una amplia gama de cámaras termográficas. Tanto si utiliza la termografía para la inspección de grandes edificios como para residencias particulares, FLIR tiene la cámara termográfica adecuada para usted.



Ventajas de las cámaras termográficas

¿Por qué elegir una cámara termográfica FLIR? Hay otras tecnologías disponibles que permiten medir temperaturas a distancia, como por ejemplo, los termómetros de infrarrojos.

Termómetros de infrarrojos y cámaras termográficas

Los termómetros de infrarrojos (IR) son fiables y muy útiles para lecturas de la temperatura de un solo punto, sin embargo, al analizar zonas de mayor tamaño, es fácil no percibir problemas cruciales, como fugas de aire, zonas con aislamiento insuficiente o filtración de agua. Una cámara termográfica FLIR puede escanear edificios completos, instalaciones de calefacción y de climatización. Nunca falla a la hora de detectar una zona con problemas potenciales, no importa lo pequeña que sea.



Termómetro de IR, medición de temperatura en un punto



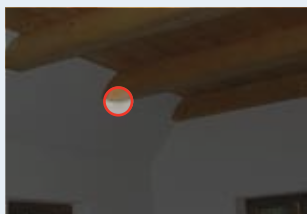
FLIR i3, temperatura en 3.600 puntos

Identifique problemas con mayor facilidad y rapidez y con extrema precisión

Es fácil no detectar un problema crítico de un edificio si solo utiliza un termómetro de infrarrojos de un solo punto. Una cámara termográfica FLIR le aportará una visión completa de la situación e información de diagnóstico instantánea. No solo localiza un problema de construcción en un edificio, si no que muestra todo su alcance.

Utilice miles de termómetros de infrarrojos a la vez

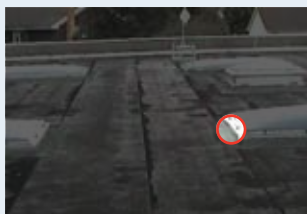
Con un termómetro de infrarrojos, es posible medir la temperatura de un solo punto. Las cámaras termográficas FLIR pueden medir temperaturas en toda la imagen. La FLIR i3 tiene una resolución de imagen de 60 x 60 píxeles. Esto equivale a usar 3.600 termómetros de IR al mismo tiempo. La FLIR P660, nuestro modelo superior, tiene una resolución de imagen de 640 x 480 píxeles, lo que equivale a 307.200 píxeles o a usar 307.200 termómetros de infrarrojos al mismo tiempo.



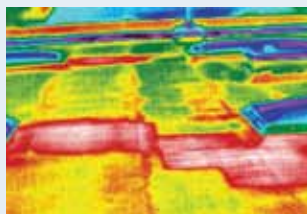
Lo que detecta un termómetro de IR.



Lo que detecta una cámara termográfica.



Lo que detecta un termómetro de IR.



Lo que detecta una cámara termográfica.



Lo que detecta un termómetro de IR.



Lo que detecta una cámara termográfica.



3

Uso de termografía para las aplicaciones de construcción

La inspección de edificios con cámaras termográficas es un medio potente y no invasivo de supervisión y diagnóstico del estado de los edificios. La tecnología termográfica se ha convertido en una de las herramientas de diagnóstico más valiosas para las inspecciones de edificios. Con una cámara termográfica, se puede identificar problemas anticipadamente, de forma que se pueden documentar y corregir antes de que se agraven y resulte más cara su reparación.

Una inspección diagnóstica de edificios con una cámara termográfica puede ayudar a:

- Visualizar las pérdidas de energía
- Detectar una falta de aislamiento o un aislamiento defectuoso
- Localizar fugas de aire
- Encontrar humedad en el aislamiento, en los tejados y muros, tanto en la estructura interior como en la exterior
- Detectar moho y áreas mal aisladas
- Localizar puentes térmicos
- Localizar filtraciones de agua en tejados planos
- Detectar roturas en tuberías de agua caliente
- Detectar fallos de construcción
- Supervisar el secado de edificios
- Encontrar averías en el tendido eléctrico y en la calefacción central
- Detectar fallos eléctricos

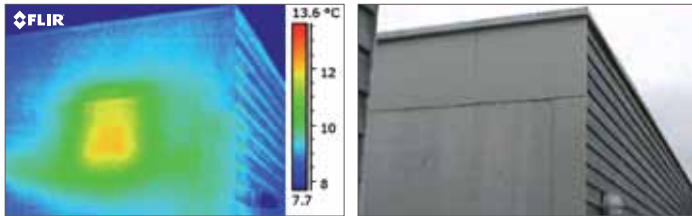
Las cámaras termográficas son la herramienta perfecta para localizar e identificar fallos ya que consiguen hacer visible lo invisible. En una termografía, los problemas saltan a la vista de inmediato. Una cámara termográfica es la única herramienta que realmente le permite VERLO todo.

Una termografía que incluye datos de temperatura precisos proporciona a los expertos de la construcción información importante sobre condiciones de aislamiento, entradas de humedad, desarrollo del moho, fallos eléctricos, la presencia de puentes térmicos y las condiciones de los sistemas de climatización.

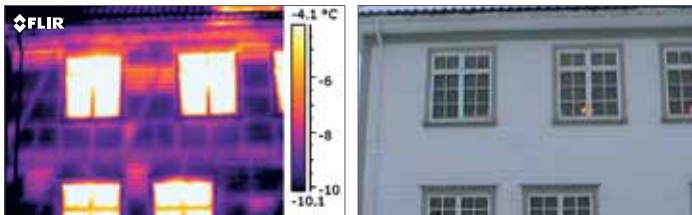
Las cámaras termográficas son una herramienta tan valiosa y versátil que resulta imposible enumerar todas sus aplicaciones. Cada día se desarrollan nuevas e innovadoras formas de emplear la tecnología. Algunas de las formas en las que se pueden usar las cámaras termográficas en el contexto de las aplicaciones relacionadas con la construcción se explican en esta sección de la guía.

Defectos de aislamiento y fugas de aire

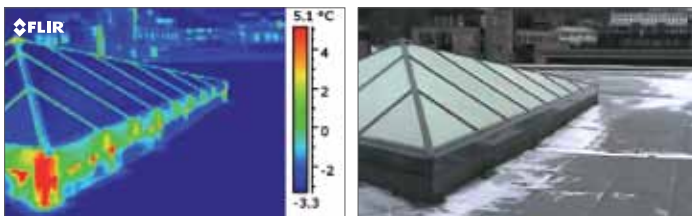
La termografía es una herramienta excepcional para localizar defectos en la construcción, como falta de aislamiento, delaminación de cubiertas y problemas de condensación.



Este edificio está más cálido en su interior. Es una construcción sándwich: hormigón - aislamiento - hormigón. Falta una sección de aislamiento, lo que no se puede apreciar visualmente desde el interior o el exterior. Aquí la termografía puede ver lo que el ojo humano no puede.

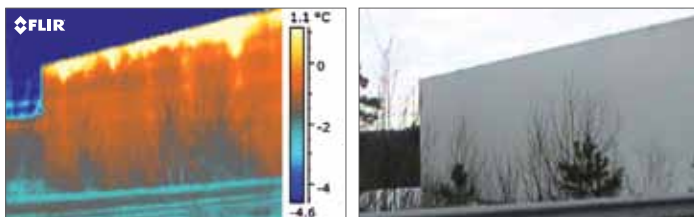


Estructura de la construcción. En muchas de las secciones se aprecia la falta de aislamiento según indican los colores más cálidos.



Techo acristalado sobre un atrio. Es a prueba de agua, pero no de aire. El aire caliente se escapa debido a la presión excesiva. La solución es la estanqueidad al aire del techo acristalado.

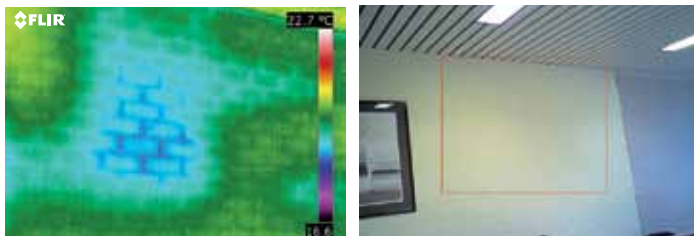
Los almacenes con muros prefabricados y tejado bien aislado pueden experimentar pérdida de energía en las uniones de estas piezas.



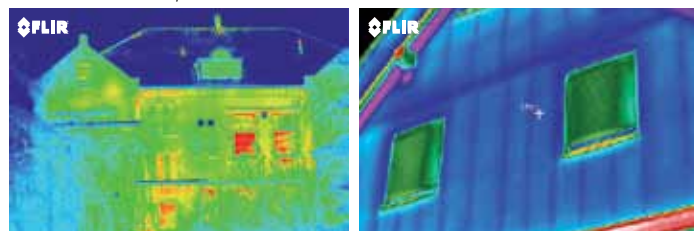
Almacén con gran cantidad de aire caliente saliendo entre la pared y el tejado. Estas uniones deben ajustarse para evitar la pérdida de energía.

Al utilizar una cámara termográfica para localizar faltas de aislamiento o pérdidas de energía, la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior del edificio debe ser, preferiblemente, de al menos 10 °C. Si se utiliza una cámara termográfica con imágenes de alta resolución y una alta sensibilidad térmica dicha diferencia de temperatura puede ser menor.

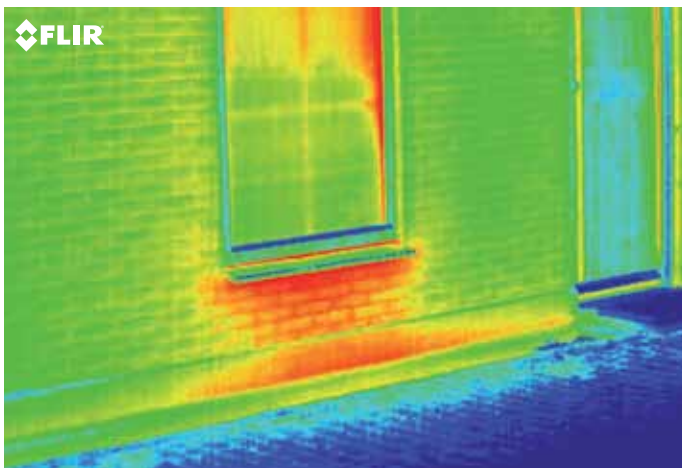
En climas fríos, la inspección de los edificios suele llevarse a cabo en invierno. En climas más cálidos, en los que es importante ver si el edificio se encuentra bien aislado para mantener el aire frío que generan los sistemas de climatización en su interior, los meses de verano suelen ser ideales para este tipo de inspecciones térmicas.



Falta aislamiento en partes del muro.



Inspección térmica desde el exterior, las termografías indican claramente falta de aislamiento o aislamiento defectuoso.



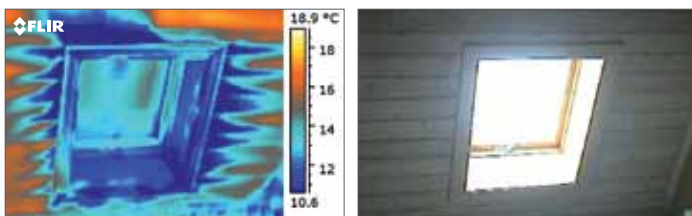
La termografía muestra claramente un aislamiento insuficiente en el muro bajo la ventana.

Detección de fugas de aire

Las fugas de aire conllevan un mayor consumo de energía y, normalmente, provocan problemas con el sistema de ventilación. Las fugas de aire también pueden provocar condensación en la estructura, lo que a su vez puede perjudicar el clima en el interior.

Para detectar fugas de aire con una cámara termográfica, se necesita una diferencia de temperatura y de presión.

Con una cámara termográfica, detectará los patrones característicos que ocurren cuando el aire frío entra por una fuga de la construcción (recorre una superficie y la enfría). La inspección térmica siempre debería realizarse en el lado de la construcción con presión negativa. Las fugas de aire se detectan normalmente con la ayuda del método de presurización, conocido como prueba de "puerta-ventilador". Obtendrá más información sobre las pruebas de "puerta-ventilador" más adelante en este documento.



La imagen muestra fugas de aire entre el techo y la ventana.

Detección de humedad

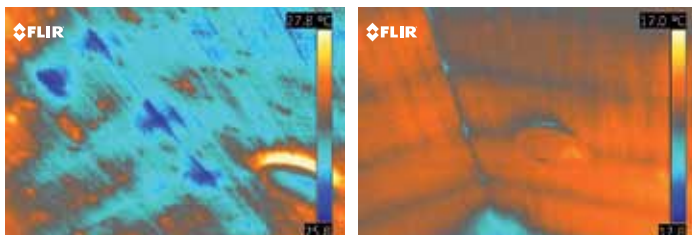
Los daños por humedad constituyen la forma más común de deterioro de un edificio. Las fugas de aire pueden provocar condensación que se forma dentro de paredes, tejados o techos. El aislamiento húmedo tarda mucho tiempo en secarse y se convierte en la principal ubicación para el desarrollo de mohos y hongos.

Una exploración con una cámara termográfica puede localizar la humedad que crea entornos propicios al desarrollo de moho. Se podría oler su presencia, pero sin saber dónde se están formando. Una inspección térmica determinará la ubicación de las áreas húmedas que pueden provocar graves problemas de salud.



Filtración de humedad en el suelo, imposible de ver a simple vista, pero visible con claridad en la termografía.

La humedad puede ser difícil de detectar y el truco consiste en hacer que la construcción cambie de temperatura. Los materiales con humedad serán entonces claramente visibles, ya que cambian la temperatura con mucha más lentitud que los materiales secos. Donde otros métodos únicamente miden la temperatura de un punto, las cámaras termográficas pueden escanear rápidamente una zona completa.



Imágenes termográficas tomadas del mismo techo. En la imagen de la izquierda, la temperatura de la habitación ha cambiado rápidamente por la calefacción, lo que hace que la humedad sea claramente visible en la termografía.

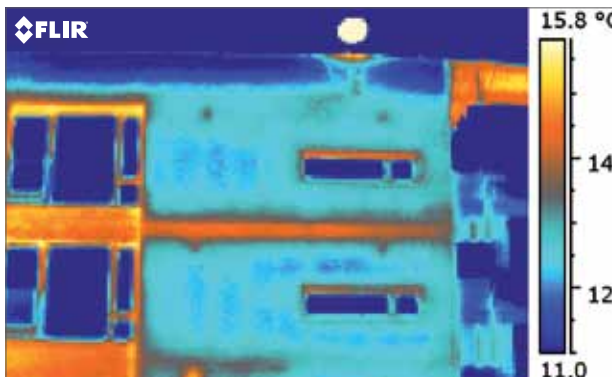
Puentes térmicos

Otras aplicaciones incluyen la localización de puentes térmicos, que identifican puntos en los edificios donde se esté desperdiciando energía.

Un puente térmico es una zona en la que el envolvente del edificio tiene una resistencia térmica menor. Está provocado por limitaciones en la construcción. El calor seguirá la ruta más fácil desde el espacio calentado al exterior: la ruta con la menor resistencia.

Los efectos habituales de los puentes térmicos son los siguientes:

- Menores temperaturas de la superficie interior; en el peor de los casos esto puede dar como resultado problemas de condensación, en particular en las esquinas.
- Pérdidas de calor significativamente mayores.
- Áreas frías en los edificios.



La imagen muestra un puente término en uno de los pisos.



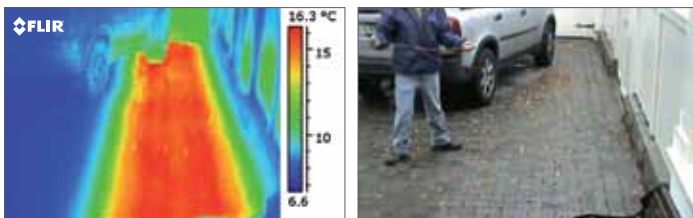
La termografía muestra puentes térmicos entre las vigas del techo y las paredes adyacentes.

Líneas de abastecimiento y calefacción central

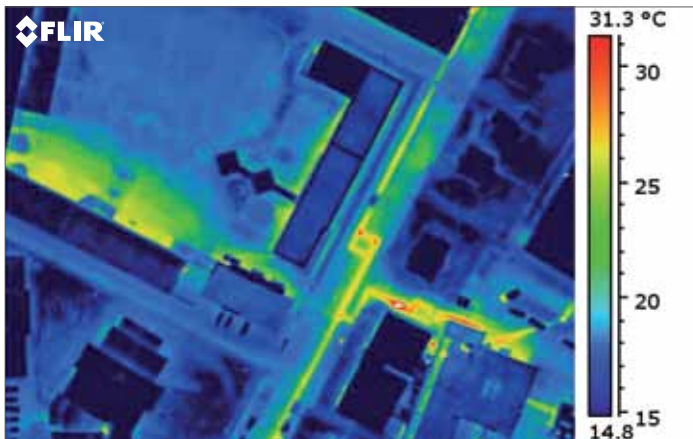
En los climas fríos, el pavimento y las zonas de aparcamiento suelen calentarse.

Los sistemas de calefacción central distribuyen calor, a veces vapor, que se genera en una ubicación centralizada en hogares y comercios.

Una inspección termográfica puede detectar fácilmente cualquier defecto en tuberías y conductos de cualquier sistema de calefacción subterráneo. Una cámara termográfica puede ayudar a identificar la ubicación exacta del problema para poder minimizar las reparaciones.



Los defectos en los sistemas de calefacción central se pueden localizar fácilmente con una cámara termográfica.



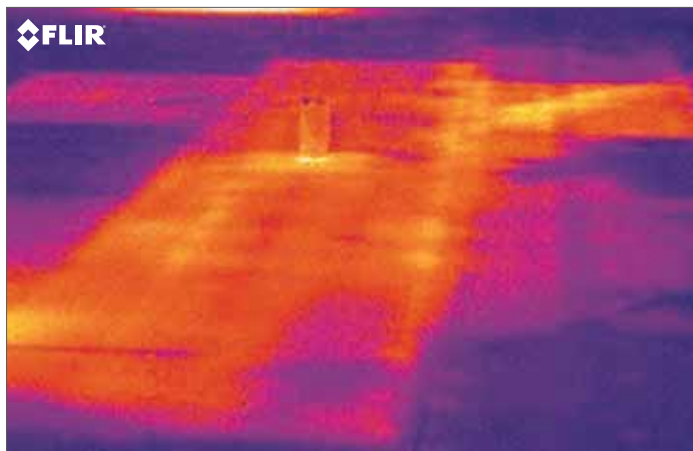
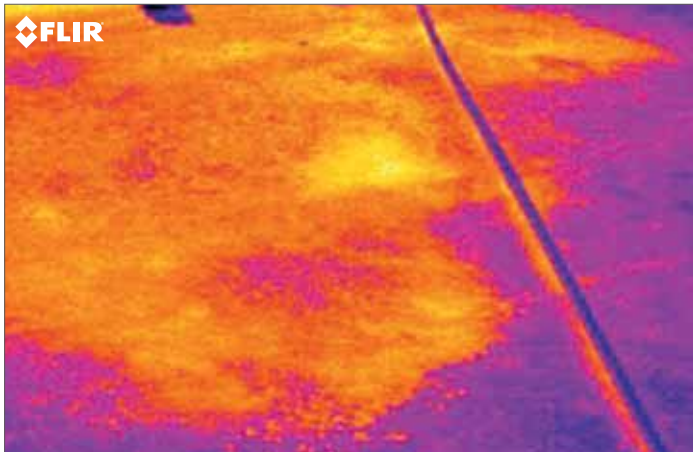
Una termografía, tomada desde el aire, identifica fugas o fallos de aislamiento en el sistema de calefacción central.

Localizar filtraciones de agua en tejados planos

La termografía también se utiliza para detectar filtraciones de agua en tejados planos.

Dado que el agua conserva el calor más que otros materiales, se puede detectar su presencia con una cámara termográfica a última hora de la tarde y por la noche cuando el tejado ya se ha enfriado.

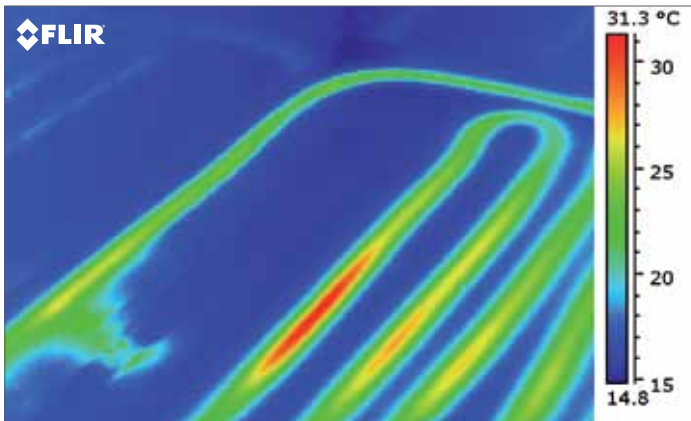
Reparar zonas húmedas en lugar de sustituir tejados completos supone un enorme ahorro.



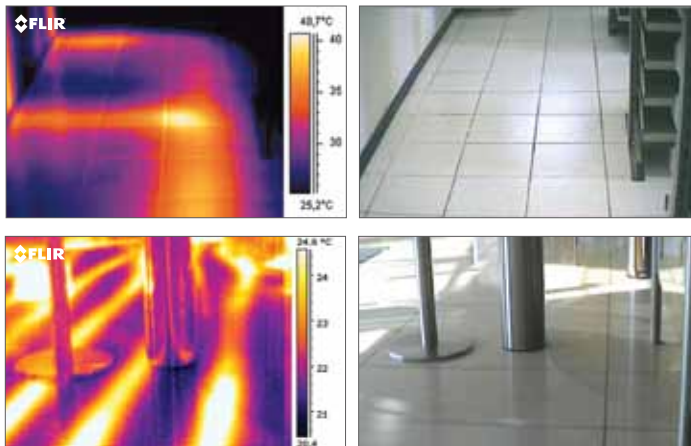
Filtraciones de agua en tejados planos.

Localización de fugas en la calefacción de suelo

La termografía es una herramienta fácil de utilizar para localizar fugas en tuberías y conductos, incluso cuando las tuberías de agua están en el suelo o debajo de yeso. El calor de las tuberías se irradia a través de la superficie y el patrón se puede detectar fácilmente con una cámara termográfica.



La termografía muestra una fuga en el sistema de calefacción por suelo radiante.



Los problemas de calefacción por suelo radiante se pueden detectar fácilmente con una cámara termográfica.

Control de calidad

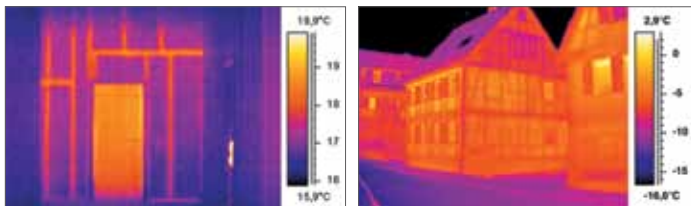
Las tecnología termográfica también se utiliza para el control de calidad y la inspección de edificios nuevos.

Durante el secado de la construcción, las termografías permiten determinar el progreso de los procedimientos de secado para que se puedan tomar las medidas necesarias para acelerar el proceso.

Si este proceso se puede acelerar y es posible demostrar, con la ayuda de una cámara termográfica, que la construcción está completamente seca, el edificio se puede entregar antes al cliente.

Rehabilitación de edificios

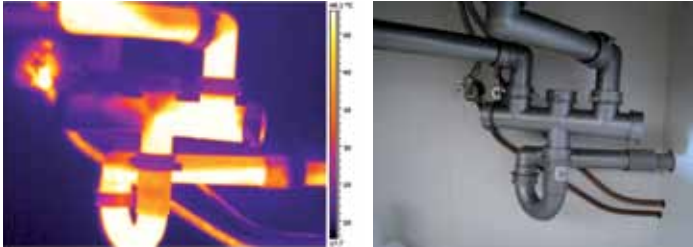
La termografía proporciona información valiosa durante la rehabilitación de edificios y monumentos. Las estructuras de la construcción ocultas por yeso pueden verse claramente en una termografía. En este caso se decide si vale la pena sacar a la luz esas estructuras. También se puede ubicar el desprendimiento del yeso de las paredes en una etapa muy temprana para que se puedan llevar a cabo medidas de conservación.



La termografía hace claramente visibles las estructuras subyacentes.

Tuberías

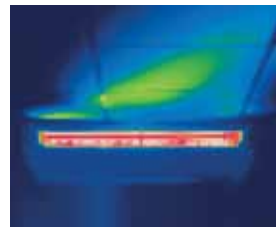
Le termografía es la herramienta perfecta para detectar tuberías bloqueadas o rotas y demás problemas relacionados. Incluso si las tuberías se encuentran bajo el suelo o dentro de una pared, se puede determinar la ubicación exacta del problema haciendo pasar agua caliente por ellas. El calor irradia y la zona problemática se verá claramente en una termografía.



Detectar problemas de tuberías con termografías.

Instalaciones de climatización

Los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) necesitan un mantenimiento adecuado. Tienen que suministrar aire con la humedad y temperatura correctas y filtrar cualquier contaminante del interior. La termografía puede ayudar a detectar si los sistemas de climatización funcionan correctamente. Si no lo hacen, pueden perjudicar la calidad del aire interior.

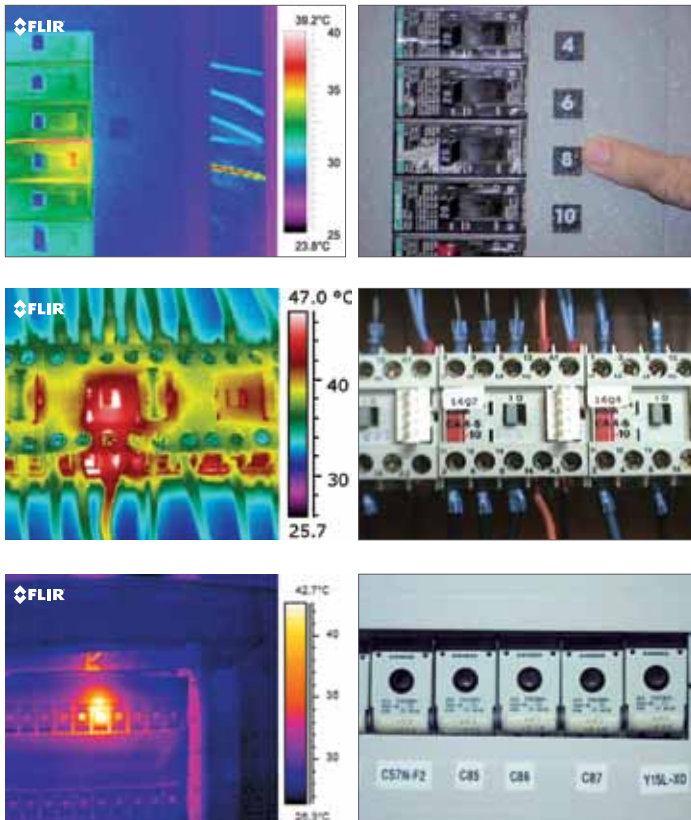


Fallos eléctricos

Cada edificio contiene muchas instalaciones eléctricas. La termografía se puede utilizar para escanear cuadros eléctricos, fusibles, conexiones y mucho más.

La detección de los problemas invisibles a simple vista hace posible la reparación de los mismos. Si no se realizan comprobaciones, los problemas eléctricos pueden provocar altas temperaturas. Además, las chispas que saltan pueden provocar incendios.

Para obtener más información sobre cómo comprobar sistemas eléctricos con una cámara termográfica, consulte la "Guía de termografía para aplicaciones industriales".



Si uno de los fusibles está sobrecalentado existe un potencial riesgo de incendio.

4

Física térmica para las aplicaciones de construcción

Para interpretar las termografías correctamente, el operador necesita conocer los distintos materiales y circunstancias que influyen en las lecturas de temperatura de la cámara termográfica. Algunos de los factores más importantes que influyen en las lecturas de temperatura son los siguientes:

1. Conductividad térmica

Los distintos materiales tienen propiedades térmicas diferentes. El aislamiento se suele calentar lentamente, mientras que los metales se suelen calentar rápidamente. Esto se denomina conductividad térmica. La diferencia en las propiedades térmicas de dos materiales puede provocar importantes diferencias de temperatura en ciertas situaciones.

2. Emisividad

Para leer bien las temperaturas, hay que tener en cuenta un importante factor conocido como: «la emisividad». La emisividad se define como la capacidad que tiene un cuerpo para emitir infrarrojos. Depende en gran medida de las propiedades de los materiales del cuerpo.



Si observa la termografía, es posible que piense que la pintura dorada es más fría que la superficie de la taza. En realidad, tienen exactamente la misma temperatura, la diferencia en la intensidad de la radiación infrarroja está provocada por una diferencia en la emisividad.

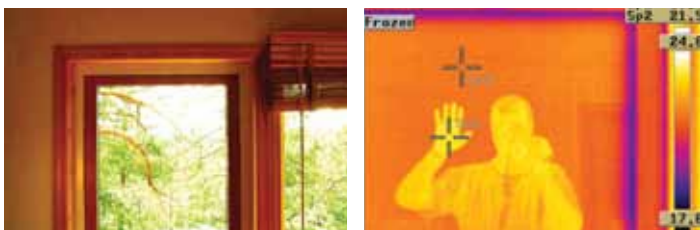
Es de gran importancia establecer la emisividad correcta en la cámara o, de lo contrario, las mediciones de temperatura no serán correctas. Las cámaras termográficas de FLIR Systems tienen ajustes predefinidos de emisividad para muchos materiales. Si no encuentra alguno puede buscarlo en una tabla de emisividad.



La termografía de la izquierda tiene la configuración de emisividad correcta para la piel humana (0,97) y la lectura de temperatura muestra la temperatura correcta (36,7 °C). En la termografía de la derecha se ha especificado una emisividad incorrecta (0,15), lo que genera una lectura de temperatura falsa (98,3 °C).

3. Reflexión

Algunos materiales, como la mayoría de los metales, reflejan la radiación térmica del mismo modo que un espejo refleja la luz visible. Las reflexiones pueden provocar una interpretación incorrecta de la termografía, la reflexión de la radiación térmica del propio operador o de una bombilla podría desembocar en una lectura de temperatura errónea. Por lo tanto, el operador debe elegir cuidadosamente el ángulo desde el que la cámara termográfica apunta al objeto, con el fin de evitar dichas reflexiones.



La ventana refleja radiación térmica, de forma que, para la cámara termográfica, la ventana actúa como un espejo.

Si el material de la superficie del objeto tiene una baja emisividad y existe una gran diferencia de temperatura entre el objeto y la temperatura ambiente, la reflexión de radiación accidental influirá en las lecturas de temperatura de la cámara termográfica. Para solucionar este problema, FLIR ha incluido la opción en sus cámaras termografías de definir la temperatura aparente reflejada.

4. Temperaturas de interior y exterior.

Para detectar la falta de aislamiento o el aislamiento poco eficaz con una cámara termográfica, debe haber una diferencia entre la temperatura del interior y la del exterior. Normalmente, se puede trabajar con diferencias de temperatura menores, pero es aconsejable que haya una diferencia de temperatura de al menos 10 °C entre ambos lados de la pared.

Las inspecciones se realizan tanto desde el interior como del exterior. La falta de aislamiento y el aislamiento defectuoso o dañado aparecerá de forma clara si la diferencia de temperatura es suficiente.

El usuario debería conocer la temperatura interior y exterior y necesita también saber si ha habido grandes cambios de temperatura durante las últimas 24 horas.

5. Influencias en el exterior de un edificio

Probablemente no hará falta decir que la luz solar directa puede influenciar las lecturas térmicas, pero dicha luz puede tener también efectos más duraderos. Tanto la luz solar directa como las sombras pueden influir en el patrón térmico de una superficie incluso varias horas después de que haya terminado la exposición a la luz solar. Las diferencias en la conductividad térmica también pueden provocar diferencias en los patrones térmicos. Como ejemplo, el ladrillo cambia de temperatura más lentamente que la madera. El viento también puede influir en los datos térmicos. Los flujos de aire refrigeran el material de la superficie, reduciendo las diferencias de temperatura entre las áreas calientes y las frías.

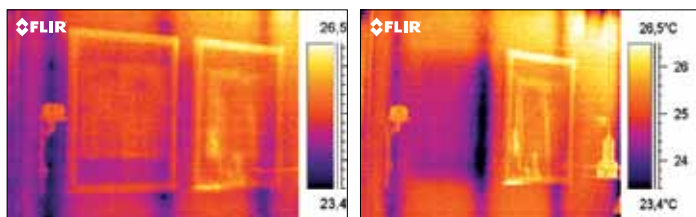
Otro factor evidente que puede inutilizar la inspección por termografía es la lluvia, ya que reduce la temperatura de la superficie. Incluso cuando acaba de llover, la evaporación del agua enfría la superficie del material. Obviamente esto puede provocar patrones térmicos incorrectos.

6. Sistemas de calefacción y ventilación

Las influencias externas en la temperatura de la superficie también se pueden encontrar en el interior. La temperatura ambiente puede influir sobre la temperatura de la superficie del objeto, pero también hay otro factor: el control del clima. Los sistemas de calefacción crean diferencias de temperatura que pueden generar patrones térmicos incorrectos. El aire frío de los ventiladores o de los sistemas de aire acondicionado puede tener el efecto contrario, enfriando la superficie.

7. Influencias en el interior de un edificio

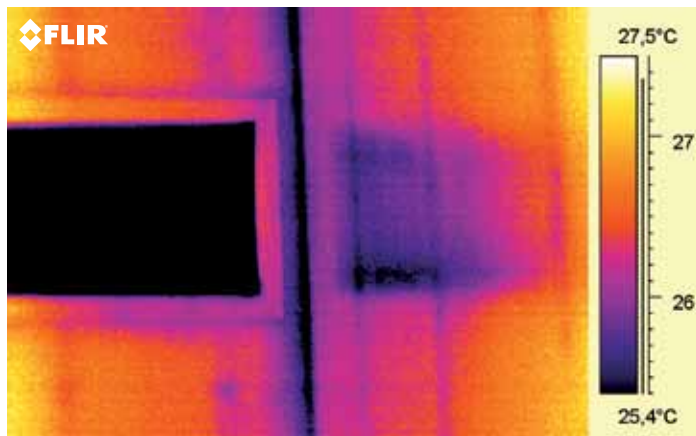
Las librerías, vitrinas y cuadros colgados en la pared también pueden alterar el patrón térmico. Estos ejemplos de muebles y decoración de paredes poseen un efecto aislante. Si estos objetos se retiran de la pared, el área donde se encontraban aparecerá más fría en la termografía. Esto se puede confundir con falta de aislamiento. Por ese motivo, es recomendable retirar los elementos de la pared al menos 6 horas antes de la inspección.



Estas dos termografías están tomadas de la misma pared. La temperatura exterior es más fría que la interior. La imagen de la derecha muestra lo que ocurre cuando retira un cuadro de la pared. La temperatura más fría tras el cuadro tiene el mismo tamaño que la zona entre dos de la pared, parece que falta aislamiento en la pared.

8. Reflejos del entorno

Al escanear objetivos reflectantes, asegúrese de cambiar su ángulo para minimizar los reflejos en la imagen. El reflejo podría proceder de su calor corporal, o de alguna otra fuente de calor en el área, una pieza de maquinaria, una bombilla o un transformador. Los reflejos le proporcionarán datos incorrectos en la termografía y, si no se comprenden, será un error en los datos.



La imagen muestra reflejos en una pared interior (a la derecha) provocada por la ventana a la izquierda.

9. Tipo de materiales usados en la construcción

Algunos materiales, por ejemplo, el hormigón, son térmicamente lentos, lo que significa que la temperatura cambia muy despacio. Otros materiales, como la mayoría de los metales, cambian rápidamente de temperatura. Para interpretar correctamente los resultados, el termógrafo tiene que saber si ha habido algún cambio importante de temperatura en el exterior o interior antes de realizar la inspección, ya que esto puede afectar a las lecturas de temperatura.

10. Cómo está construido el edificio

El muro exterior puede haberse construido con una capa de aire entre la capa exterior y el resto de la construcción. Este tipo de construcción no es adecuada para el control desde el exterior. Cualquier estructura en la construcción del muro se vuelve más fría vista desde el interior (siempre que esté más cálido en el interior). Y lo contrario se observa desde el lado frío. Son patrones característicos esperados y no hay nada incorrecto.



Termografía tomada desde el interior. La estructura es visible y también los tornillos que ajustan el panel que cubre la estructura. La esquina está claramente más caliente, lo que se denomina efecto-esquina, pero no hay nada incorrecto.



Cámaras termográficas para la inspección de paneles solares.

Energías renovables

El hecho de que las fuentes de energía tradicionales como el carbón, el gas y el petróleo sean escasas, conlleva que tengan altos precios. Además, ha nacido la conciencia de que no podemos seguir contaminando el planeta con dichos combustibles fósiles.

Con paneles solares en el tejado, puede convertir la energía del sol en electricidad y en dinero. La energía solar puede ser una inversión lucrativa. Sin embargo, para recibir una rentabilidad máxima y obtener un alto rendimiento durante décadas, es fundamental una gran calidad. La placa solar, la pieza más importante de un sistema solar. Debe ser fiable y continuar produciendo electricidad durante años hasta el final de su vida útil. Las cámaras termográficas pueden desempeñar un papel importante para garantizar un funcionamiento fiable durante el ciclo de vida completo de una placa solar.

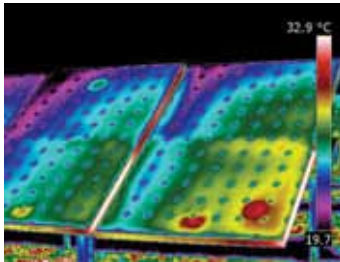
Conforme las reservas de combustibles fósiles van disminuyendo, los precios del carbón y del gas llegan a lo más alto y mucha gente mira al sol en busca de una fuente de energía renovable. Pero los paneles solares son vulnerables al desgaste. Por lo tanto, profesionales de la construcción de todo el mundo utilizan cámaras termográficas para inspeccionar los paneles solares instalados en los tejados.

Inspección de paneles solares

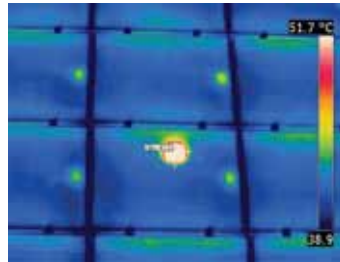
El uso de cámaras termográficas para la evaluación de paneles solares ofrece varias ventajas. Las anomalías se pueden ver de forma clara en una termografía nítida y, a diferencia de la mayoría de los demás métodos, las cámaras termográficas se pueden utilizar para escanear paneles solares durante el funcionamiento normal. Para terminar, las cámaras también permiten escanear grandes áreas en poco tiempo.



Con una cámara termográfica, se pueden detectar y reparar las zonas potencialmente problemáticas antes de que tenga lugar cualquier problema o avería. Pero no todas las cámaras termográficas son adecuadas para la inspección de celdas solares, se deben seguir algunas reglas y directrices para realizar inspecciones eficaces y garantizar que se sacan las conclusiones acertadas.



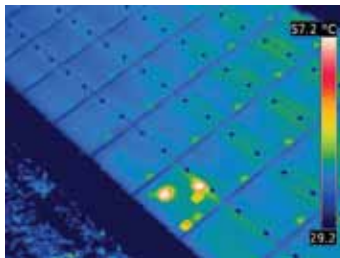
Los puntos rojos indican placas que están mucho más calientes que el resto, indicando las de conexiones defectuosas.



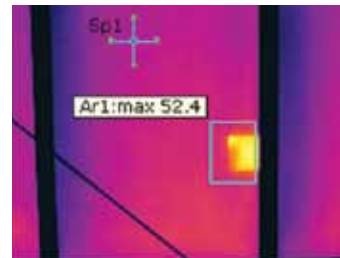
Estos puntos calientes dentro de una celda solar indican un daño físico en la celda.

Procedimientos para inspeccionar paneles solares con cámaras termográficas

Para lograr el contraste térmico suficiente a la hora de inspeccionar celdas solares sobre el terreno, se necesita una irradiancia solar de 500 W/m² o superior. Para un resultado óptimo se recomienda una irradiancia solar de 700 W/m². La irradiancia solar describe la potencia instantánea que incide en una superficie en unidades de kW/m², que se puede medir con un piranómetro (para la irradiancia solar general) o un pirheliómetro (para la irradiancia solar directa). Depende en gran parte de la ubicación y clima local. Las temperaturas exteriores bajas pueden aumentar el contraste térmico.



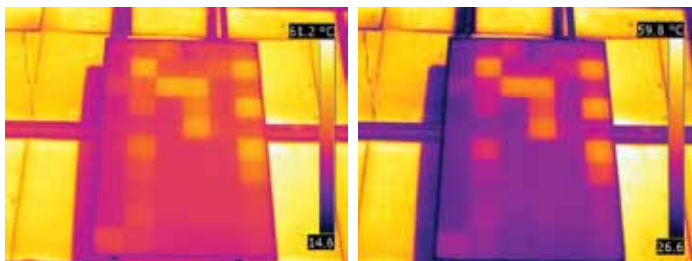
Esta termografía muestra un ejemplo del "patrón mosaico", que indica que este panel posee un diodo de derivación defectuoso.



Esta termografía muestra un punto caliente provocado por la rotura de celdas en una placa estándar de 60 celdas.

¿Qué tipo de cámara necesita?

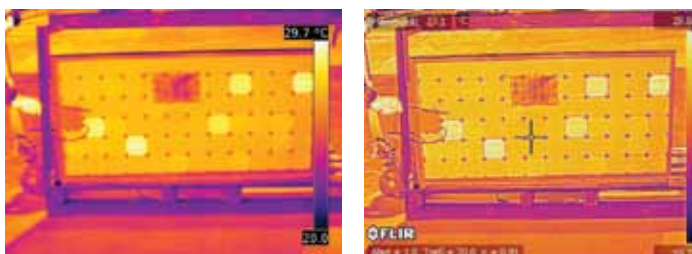
Las cámaras termográficas para las inspecciones de edificios cuentan normalmente con un detector microbolómetro que cubre la banda de 8 a 14 μm . Sin embargo, el vidrio no es transparente en esta zona. Cuando se inspeccionan celdas solares desde la parte delantera, una cámara termográfica ve la distribución del calor de la superficie de vidrio, pero tan solo ve de forma indirecta la distribución del calor de las celdas subyacentes. Por lo tanto, las diferencias de temperatura que se pueden ver y medir en la superficie de vidrio del panel son pequeñas. Para que dichas diferencias sean visibles, la cámara termográfica para estas inspecciones necesita contar con una sensibilidad térmica de $\leq 0,08\text{ }^{\circ}\text{C}$. Para visualizar claramente pequeñas diferencias de temperatura en la termografía, la cámara debe contar con un ajuste manual de intervalo y nivel.



Termografía con el nivel y el intervalo en modo automático (izquierda) y en modo manual (derecha).

Las placas fotovoltaicas se montan generalmente en estructuras de aluminio muy reflectante, en la termografía aparece como una zona fría ya que refleja la radiación térmica emitida por el cielo. En la práctica esto significa que la cámara termográfica mostrará la temperatura de la estructura por debajo de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Dado que el algoritmo de la cámara termográfica se adapta automáticamente a la temperatura máxima y mínima que se haya medido, puede que muchas anomalías leves no sean visibles de inmediato. Para lograr una termografía con mayor contraste, se necesitaría una continua corrección manual del nivel y del intervalo.

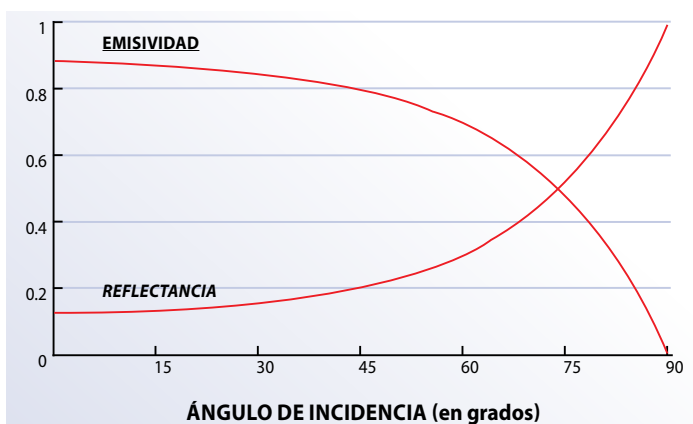
La función conocida como DDE (Digital Detail Enhancement) proporciona la solución. La DDE optimiza el contraste de la imagen de forma automática en escenas con alto rango dinámico, por lo que no hay que ajustar la termografía de forma manual. Una cámara termográfica que cuente con DDE está bien equipada para realizar inspecciones rápidas y precisas de paneles solares.



Termografía sin DDE (izquierda) y con DDE (derecha)

Colocación de la cámara: tenga en cuenta los reflejos y la emisividad

Aunque el vidrio tenga una emisividad de 0,85-0,90 en la banda de 8 a 14 μm , las mediciones térmicas en las superficies de vidrio no son fáciles. Las reflexiones del vidrio son especulares, lo que significa que en la termografía se apreciarán claramente los objetos de alrededor con distinta temperatura. En el peor de los casos, esto puede llevar a una mala interpretación (falsos puntos calientes) y a errores de medición.



Dependencia de ángulo de la emisividad del vidrio.

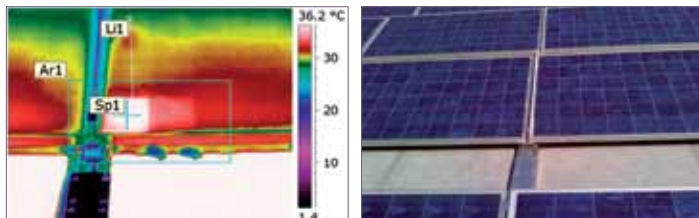


Ángulo de visión recomendado (verde) y a evitar (rojo) al realizar inspecciones termográficas.

Para evitar la reflexión en el vidrio de la cámara termográfica y del operario, ésta no se debe colocar perpendicular a la placa que se esté inspeccionando. Sin embargo, la emisividad está en lo más alto cuando la cámara se encuentra en posición perpendicular y disminuye al aumentar el ángulo. Un ángulo de visión de 5° a 60° es una buena opción (siempre que 0° sea perpendicular).

Observaciones a larga distancia

Conseguir un ángulo de visión apropiado durante la preparación de la medición no siempre es fácil. En la mayoría de los casos, utilizar un trípode puede ser la solución. En condiciones más difíciles puede ser necesario utilizar plataformas de trabajo móviles o incluso sobrevolar las celdas solares con un helicóptero. En estos casos, puede ser ventajosa una mayor distancia del objetivo, dado que se puede analizar una zona más grande de una pasada. Para garantizar la calidad de la termografía se debe utilizar una cámara termográfica con una resolución de imagen de 320 x 240 píxeles, preferiblemente de 640 x 480 píxeles, para grandes distancias.

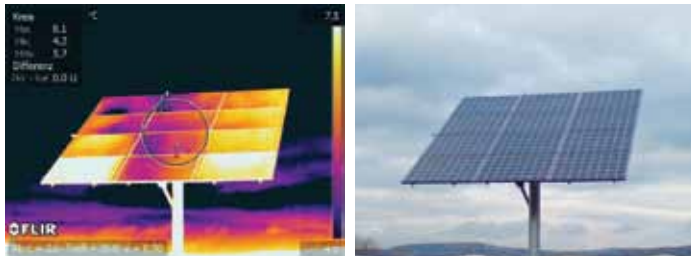


Las celdas solares defectuosas producen un exceso de calor, lo que hace que sean fáciles de detectar con la tecnología termográfica.

La cámara también debe tener una lente intercambiable, para que el operario pueda cambiar a un teleobjetivo en las inspecciones a larga distancia, como las que se realizan desde un helicóptero. No obstante, es recomendable que solo se utilice el teleobjetivo con cámaras termográficas que posean una alta resolución de imagen. En las mediciones de larga distancia con teleobjetivo, las cámaras termográficas de baja resolución no muestran los pequeños detalles térmicos que indican fallos en los paneles solares.

Observación desde una perspectiva diferente

En la mayoría de los casos, las placas fotovoltaicas se pueden inspeccionar también desde la parte trasera con una cámara termográfica. Este medio minimiza la interferencia de las reflexiones del sol y las nubes. Además, las temperaturas obtenidas en la parte trasera pueden ser más altas, ya que la celda se mide directamente y no a través de la superficie de vidrio.



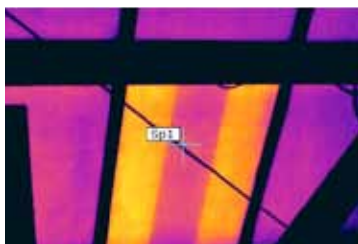
Los puntos calientes de esta termografía tomada de la parte delantera del panel solar parecen indicar que muchas celdas no funcionan de forma eficaz.



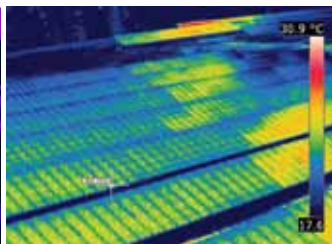
La inspección de la parte trasera no muestra puntos calientes, los puntos calientes de la imagen anterior estaban provocados por la reflexión de las nubes.

Condiciones ambientales y de medición

Al llevar a cabo inspecciones termográficas, el cielo debe estar despejado ya que las nubes reducen la irradiancia solar y producen interferencias en forma de reflexiones. Las imágenes informativas pueden, sin embargo, obtenerse incluso con un cielo cubierto, siempre que la cámara termográfica que se utilice sea lo suficientemente sensible. Las condiciones de calma son lo más recomendable, ya que cualquier flujo de aire en la superficie del placa solar provocará un enfriamiento convectivo y, por ello, reducirá el gradiente térmico. Mientras más fría sea la temperatura, mayor será el contraste térmico potencial. Una opción sería realizar las inspecciones termográficas por la mañana temprano.



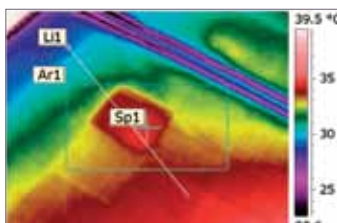
Dos hileras de celdas aparecen calientes en la termografía, lo que indica que hay diodos de derivación rotos.



Esta termografía muestra grandes zonas con temperaturas elevadas. Sin más información, no se percibe si estas anomalías son térmicas o provocadas por ensombrecimientos/reflejos.

Otra forma de mejorar el contraste térmico es desconectar las celdas de la carga, para evitar el flujo de corriente, lo que permite que el calentamiento se produzca únicamente mediante la irradiancia solar. Después se conecta la carga y se observan las celdas en la fase de calentamiento.

En condiciones normales, sin embargo, se debe inspeccionar el sistema bajo condiciones de funcionamiento estándar, concretamente bajo carga. Dependiendo del tipo de celda y del tipo de fallo o avería, las mediciones en condiciones sin carga o en caso de cortocircuito pueden proporcionar información adicional.



Con una cámara termográfica podrá localizar rápidamente problemas como celdas dañadas y así resolverlos de manera rápida.

Errores de medición

Los errores de medición surgen principalmente debido a una mala colocación de la cámara y a unas condiciones de medición y ambientales por debajo del nivel óptimo. Los errores de medición típicos están provocados por:

- un ángulo de visión poco profundo.
- un cambio en la irradiancia solar con el paso del tiempo (debido a cambios en el cielo, por ejemplo).
- reflexiones (por ejemplo, del sol, las nubes, los edificios altos de los alrededores, los sistemas de mediciones).
- ensombrecimiento parcial (por ejemplo, debido a los edificios u otras estructuras de los alrededores).

Lo que se puede ver en la termografía

Si hay piezas del panel solar más calientes que otras, dichas piezas aparecerán claramente en la termografía. Dependiendo de la forma y de la ubicación, estos puntos y zonas calientes pueden indicar varios fallos diferentes. Si una placa entera está más caliente de lo habitual, puede significar que hay problemas con las conexiones. Si son las celdas individuales o las hileras de celdas las que aparecen como puntos calientes o como un "patrón mosaico", los problemas pueden estar provocados por diodos de derivación defectuosos, cortocircuitos internos o desajustes de las celdas.



Una prueba en un panel solar muestra que los puntos calientes se pueden ver fácilmente en la termografía, incluso si dicha termografía es de la parte delantera.

El ensombrecimiento y las grietas en las celdas aparecen en la termografía como puntos calientes o formas poligonales. El aumento de temperatura de una celda o parte de ella indica que la celda es defectuosa o que hay un ensombrecimiento. Deben compararse las termografías obtenidas en condiciones de carga, sin carga o en caso de cortocircuito. Una comparación de las termografías de la parte delantera y trasera de la placa también puede proporcionar información valiosa. Por supuesto, para una correcta identificación de la avería, las placas que muestran anomalías también deben probarse de forma eléctrica e inspeccionarse visualmente.

Conclusiones

La inspección termográfica de los sistemas fotovoltaicos permite la rápida localización de defectos potenciales a nivel de celdas y placas, así como la detección de posibles problemas de conexión eléctrica. Las inspecciones se llevan a cabo en condiciones de funcionamiento normal y no es necesario apagar el sistema.

Para lograr termografías correctas que aporten información, deben tenerse en cuenta ciertos procedimientos y condiciones de medición:

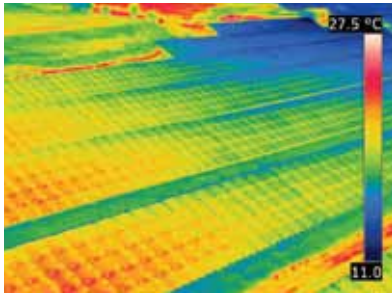
- se debe utilizar una cámara termográfica con los accesorios adecuados;
- se necesita la irradiancia solar suficiente (como mínimo 500 W/m^2 , preferiblemente más de 700 W/m^2);
- el ángulo de visión debe estar dentro de los márgenes de seguridad (entre 5° y 60°);
- se deben evitar el ensombrecimiento y las reflexiones.

Las cámaras termográficas se utilizan principalmente para localizar defectos. La clasificación y evaluación de las anomalías detectadas necesitan un sólido entendimiento de la energía solar, un conocimiento del sistema inspeccionado y mediciones eléctricas adicionales. La documentación adecuada es obligatoria y debe contener todas las condiciones de la inspección, las mediciones adicionales y demás información importante.

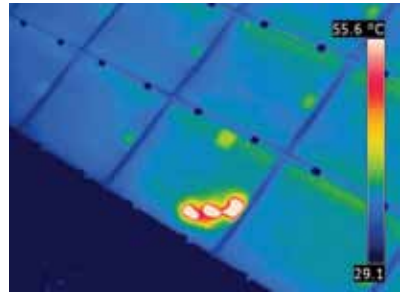
Las inspecciones con una cámara termográfica, comenzando con el control de calidad de la fase de instalación y siguiendo con las revisiones regulares, facilitan una supervisión simple y completa del sistema. Esto ayuda a mantener la funcionalidad de los paneles solares y a ampliar su vida útil. Utilizar cámaras termográficas para inspeccionar paneles solares mejorará notablemente la rentabilidad de la inversión de la empresa.



Estas imágenes tomadas desde la parte trasera del mismo panel solar muestran muchos menos reflejos que la parte delantera, lo que hace que las mediciones de temperatura sean mucho más precisas.



Para no obtener conclusiones erróneas, a la hora de inspeccionar paneles solares, necesita mantener la cámara termográfica en un ángulo correcto.

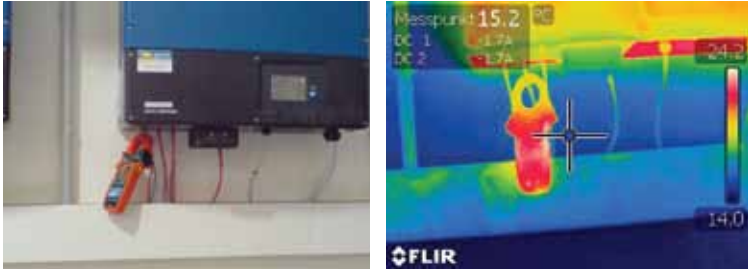


Termografía hecha con la cámara FLIR P660 en pleno vuelo sobre una granja solar. (Termograma cortesía de Evi Müllers, IMM)

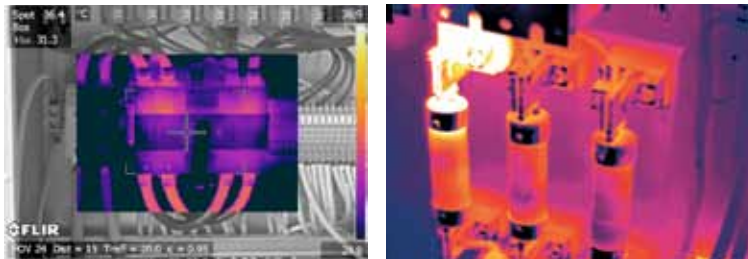
Tipo de error	Ejemplo	En la termografía aparece como
Defecto de fábrica	Impurezas y bolsas de gas	Un "punto caliente" o "punto frío"
	Grietas en las celdas	Calentamiento de las celdas, con forma principalmente alargada
Daño	Grietas	Calentamiento de las celdas, con forma principalmente alargada
	Grietas en las celdas	Una parte de la celda aparece más caliente
Ensombrecimiento temporal	Contaminación	Puntos calientes
	Excrementos de pájaro	
	Humedad	
Diodo de derivación defectuoso (provoca cortocircuitos y reduce la protección del circuito)	N.a.	Un "patrón mosaico"
Problemas en las conexiones	Placa o hilera de placas sin conectar	Una placa o hilera de placas está constantemente más caliente.

Tabla 1: Lista de los errores de placa típicos (Fuente: ZAE Bayern e.V, "Überprüfung der Qualität von Photovoltaik-Modulen mittels Infrarot-Aufnahmen" ["Pruebas de calidad en placas fotovoltaicas utilizando imágenes de infrarrojos"], 2007)

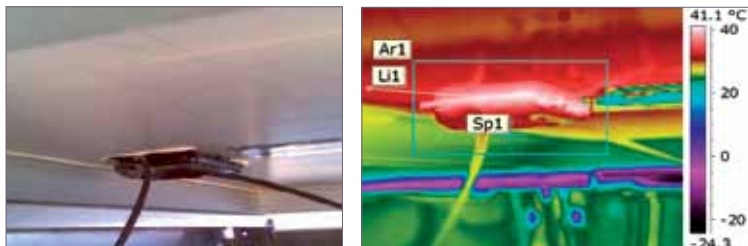
Pero las cámaras termográficas pueden hacer mucho más que inspeccionar paneles solares. También son muy útiles para el mantenimiento de un circuito eléctrico completo, incluyendo conectores, cables, inversores, etc.



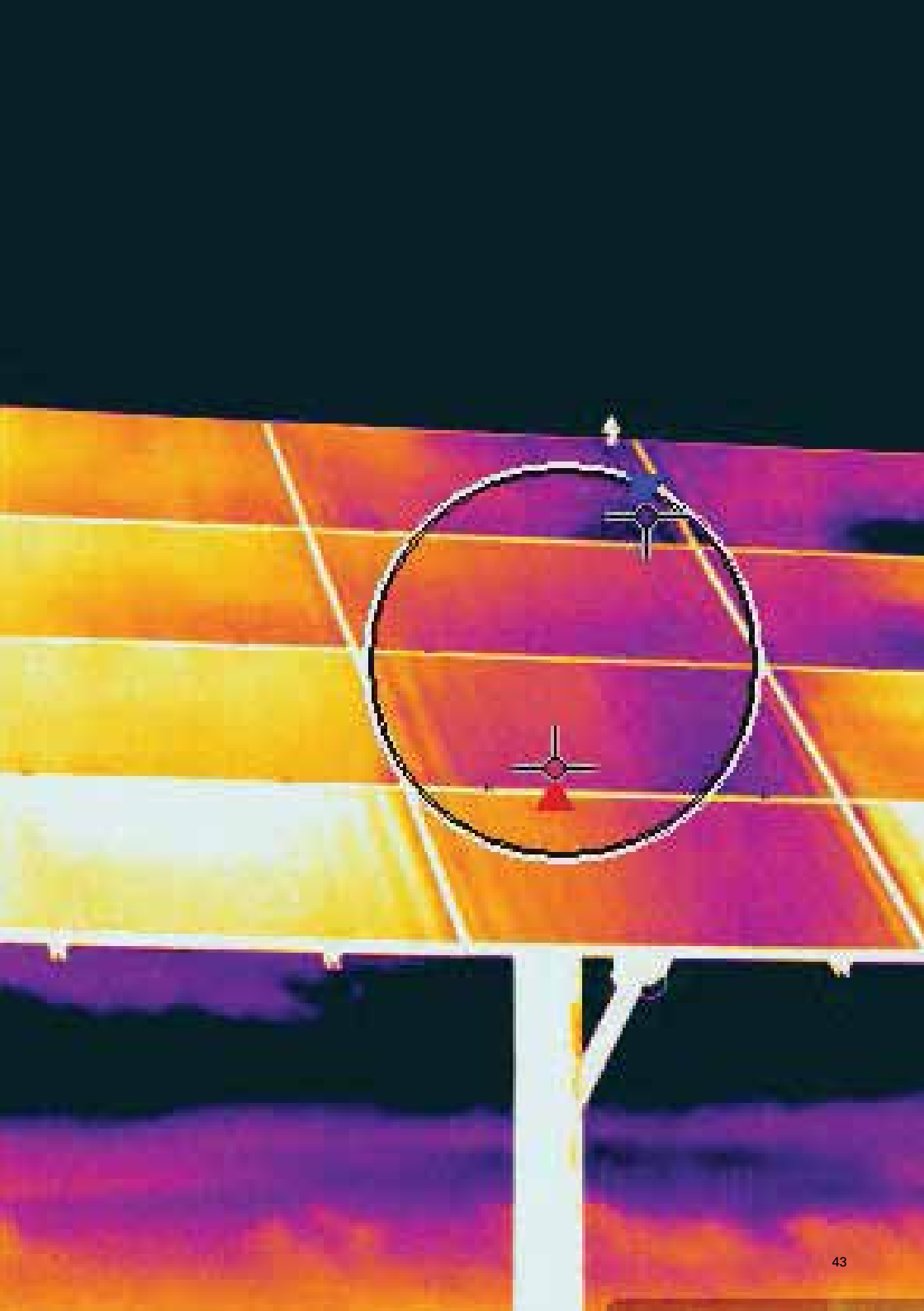
Este inversor convierte la corriente continua de los paneles solares en corriente alterna. Las cámaras termográficas se pueden utilizar para inspeccionar este equipo. Un medidor de tenaza externo Extech puede proporcionar información adicional.



Las cámaras termográficas de FLIR se utilizan para inspeccionar la instalación solar, incluyendo los cables, conectores, cajas de fusibles e inversores, en otras palabras: el sistema completo.



Las cámaras termográficas de FLIR también se pueden utilizar para examinar los demás componentes de la instalación solar, como este conector defectuoso.



6

Inspección de turbinas eólicas con cámaras termográficas

La energía cosechada del viento mediante turbinas eólicas es una de las formas más comunes de energía renovable. Por ello, se instalan nuevas turbinas eólicas cada año en Europa y el resto del mundo. Todas esas turbinas eólicas se tienen que supervisar y mantener. Las cámaras termográficas de FLIR pueden desempeñar un papel importante en los programas de mantenimiento predictivo de las turbinas eólicas.



Las cámaras termográficas de FLIR Systems también se utilizan para inspeccionar instalaciones eléctricas y mecánicas en todo el mundo. Los datos térmicos reunidos colaboran con la prevención de accidentes peligrosos y costosos tiempos de inactividad. Todos los componentes críticos de una turbina eólica se pueden supervisar mediante una cámara termográfica de FLIR Systems.

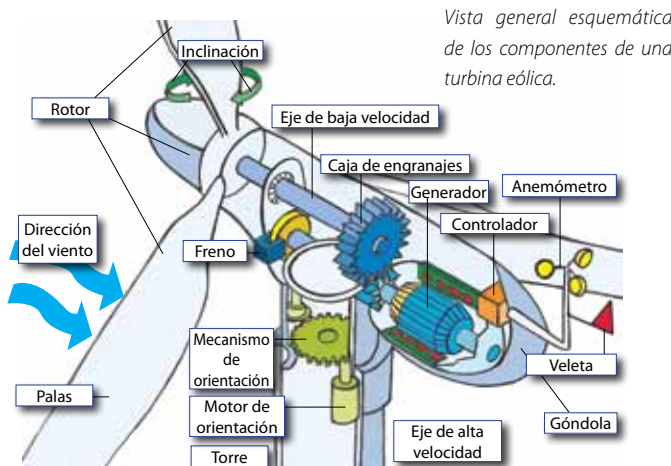


Termografía de una turbina eólica tomada desde el suelo.

Accidentes

Las turbinas eólicas incorporan muchos componentes mecánicos y eléctricos diferentes. Como los de cualquier otro equipo, estos componentes son vulnerables al desgaste y se pueden romper. Esto no sólo puede provocar costosos tiempos de inactividad, sino también accidentes peligrosos.

Una causa común de estos accidentes es una avería tanto en el mecanismo de freno como en la caja de engranajes. La caja de engranajes y los frenos evitan que las palas giren demasiado rápido. Si alguno de estos componentes falla, la turbina puede girar mucho más rápido que a su velocidad normal, lo que impone cargas más pesadas en las palas de las que están diseñadas para soportar.



Peligro de muerte

En estos casos, los extremos de una pala del rotor podrían ir a cientos de kilómetros por hora, y si una pala o parte de ella se desprendiera de repente del rotor, podría poseer una cantidad enorme de energía cinética y una gran velocidad al salir disparada. Lo que puede provocar accidentes con peligro de muerte. Hay muchos ejemplos de grandes secciones de palas rotas que se han encontrado a cientos de kilómetros, o incluso más lejos, de la turbina de la que se desprendieron.

Las inspecciones con las cámaras termográficas pueden ayudar a prevenir estos accidentes. La regla general tanto para los componentes mecánicos como para los eléctricos es que se calientan antes de fallar. Las cámaras termográficas se pueden utilizar para detectar ese aumento de la temperatura antes de que aparezca una avería. Los puntos calientes aparecen claramente en la termografía.

La termografía ayuda a ‘ver’ el problema.

Mientras que otras tecnologías revelan si hay un problema en la maquinaria, las cámaras termográficas muestran exactamente qué componente es el que está provocando el problema. Fiable, rápida y eficaz: la termografía se puede utilizar para detectar puntos de desgaste en cojinetes, ejes, engranajes y frenos, lo que permite repararlos o reemplazarlos antes de que derive en una avería.

Comprobación del sistema completo

Las cámaras termográficas se pueden utilizar para inspeccionar componentes eléctricos como transformadores, conectores, controladores, motores de orientación y demás. La termografía es la única tecnología que permite inspeccionar todos los componentes mecánicos y eléctricos de las turbinas eólicas y del sistema eléctrico circundante.

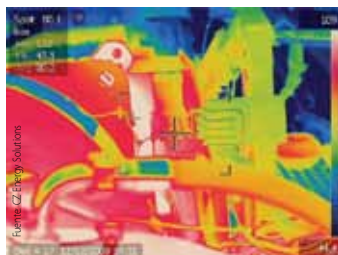
La cámara termográfica FLIR: la herramienta perfecta

Los equipos de mantenimiento de turbinas eólicas de todo el mundo confían en las cámaras termográficas. Un factor importante para la facilidad de uso sobre terreno es el diseño de la cámara. Todas las cámaras FLIR son lo más compactas

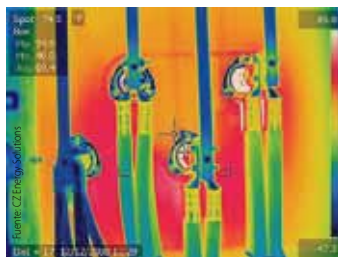


Fuente: Paul Anderson (CC SA 2.0)

Este enorme conjunto de caja de engranajes y freno de disco de 12 toneladas se eleva con una grúa a una altura de 60 metros para colocarlo dentro de la góndola de la turbina eólica.



Termográfica para inspección de turbina eólica. Esta inspección tuvo lugar a una altura de unos 50 metros.



Las cámaras termográficas también se pueden utilizar para examinar el sistema completo que rodea a las turbinas eólicas. Uno de estos conectores de tres fases, el del extremo derecho, está mucho más caliente que el resto. Este defecto se detectó y pudo repararse antes de que provocara una avería.

posibles, con diseño ergonómico y fáciles de usar, lo que es muy importante si se han de subir decenas de metros para alcanzar la turbina eólica que haya que inspeccionar.

Otro factor importante es el sistema óptico. FLIR Systems ofrece lentes de gran angular opcionales de 45° y 90°. Esto permite capturar partes más amplias del equipo de una vez, incluso cuando se está muy cerca. El hecho de que no se pueda dar un paso atrás cuando se está arriba inspeccionando una turbina eólica hace que esta característica sea muy importante.

FLIR Systems ofrece una amplia gama de cámaras termográficas para inspecciones de edificios. Desde el modelo de entrada compacto i3, pasando por la práctica serie Ebx y B hasta la avanzada B660, FLIR Systems posee el tipo de cámara adecuado para cada aplicación.



Elección del proveedor de cámaras termográficas adecuado

La compra de una cámara termográfica es una inversión a largo plazo. Por lo tanto, no solo debe seleccionar la cámara termográfica que mejor se ajuste a sus necesidades, sino también un proveedor de confianza que le ofrezca sus servicios durante un prolongado período de tiempo.

Una marca bien consolidada le debe ofrecer lo siguiente:

- **Hardware**
Cada usuario tiene necesidades distintas. Por eso, es muy importante que el fabricante pueda ofrecer una gama completa de cámaras termográficas, desde modelos básicos económicos a modelos avanzados de alta gama, para que pueda elegir el que se ajusta mejor a sus necesidades.
- **Software**
Independientemente del uso que le dé a las cámaras termográficas, necesitará software para analizar las termografías y crear informes de sus conclusiones para los clientes o la dirección. Elija una cámara termográfica que se pueda combinar con el software adecuado para su aplicación.
- **Accesorios**
Cuando empiece a usar una cámara termográfica y descubra todas las ventajas que tiene que ofrecer, es posible que cambien sus necesidades. Asegúrese de que el sistema puede adaptarse a sus necesidades. El fabricante debe poder ofrecer distintos tipos de lentes, pantallas, etc.
- **Mantenimiento**
Aunque la mayor parte de las cámaras termográficas que se usan para inspecciones de edificios no necesitan mantenimiento, es recomendable que se asegure de disponer de un centro de mantenimiento cercano en caso de que algo le ocurra a la cámara. Las cámaras termográficas también se deben volver a calibrar cada cierto tiempo. En ambos casos, en lugar de tener que enviar la cámara al otro extremo del mundo, es preferible contar con un centro de reparación en su zona para volver a disponer de la cámara en el menor tiempo posible.
- **Formación**
El mundo de la termografía no se limita únicamente a saber cómo se maneja la cámara. Seleccione un proveedor que le pueda ofrecer una buena formación y asistencia para aplicaciones cuando se necesite.



8

Encontrar la mejor solución

Existen básicamente seis requisitos esenciales que se deben evaluar al ponderar una combinación apropiada de la cámara termográfica, el software y la formación:

1. Calidad de la imagen
2. Sensibilidad térmica
3. Precisión
4. Funciones de la cámara
5. Software
6. Demandas de formación

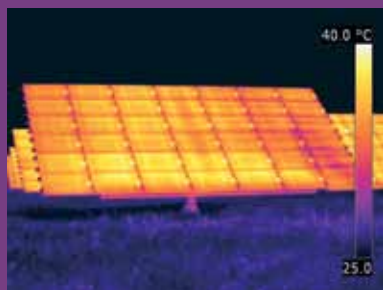
1. Calidad de la imagen

La calidad de la imagen o resolución de la cámara es un factor importante. Los modelos básicos más económicos tienen una resolución de 60 x 60 píxeles, mientras que los modelos avanzados de alta gama tienen una resolución de 640 x 480 píxeles.

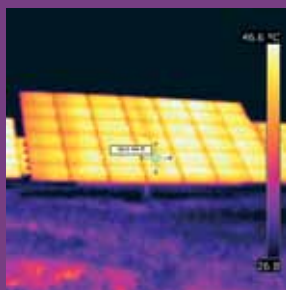
Las cámaras termográficas con una resolución de 320 x 240 o 640 x 480 píxeles ofrecen una calidad de imagen superior. Para inspecciones más avanzadas, la resolución de 640 x 480 píxeles se está convirtiendo en la referencia para los termógrafos profesionales.

Una cámara con 640 x 480 píxeles tiene 307.200 puntos de medición en una imagen, cuatro veces más que una cámara con 320 x 240 píxeles y 76.800 puntos de medición. No solo mejora la precisión de la medición, sino que también existe una gran diferencia en la calidad de la imagen.

Una alta resolución ayuda a ver, medir e interpretar con mayor precisión.



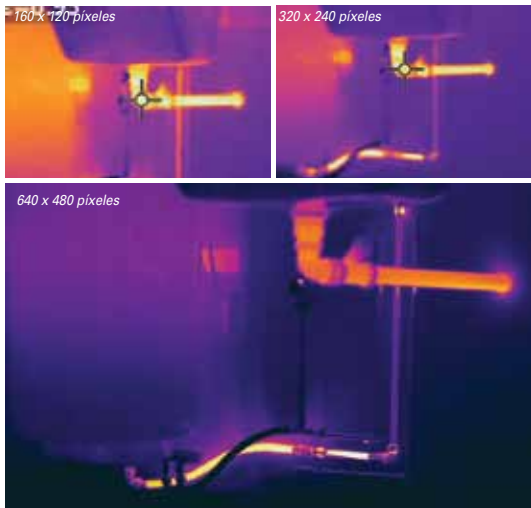
Termografía: 640 x 480 píxeles



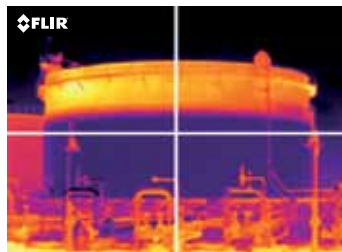
Termografía: 180 x 180 píxeles

Las cámaras de alta resolución muestran pequeños detalles incluso en observaciones a larga distancia. Comparada con una cámara de calidad de imagen inferior, puede ver una zona mayor sin perder información térmica.

Mediante una cámara de 640 x 480 píxeles equipada con una lente de 45 grados, es posible inspeccionar un área de alrededor de 4 m x 3 m a 5 metros de distancia con solo una imagen. Para inspeccionar la misma instalación con una cámara de 320 x 240 píxeles con una lente también de 45 grados, se necesitarían cuatro imágenes a la mitad de distancia. Esto no solo aumenta la eficiencia sobre el terreno, sino que la menor cantidad de imágenes que se toman ahorra tiempo en la fase de documentación.



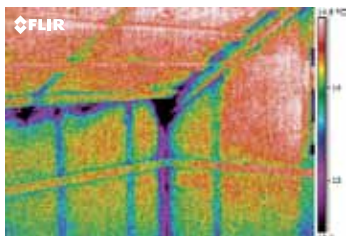
640 x 480 píxeles
Se necesita una imagen IR



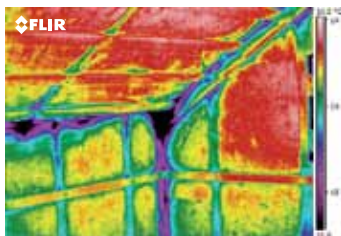
320 x 240 píxeles
Se necesitan cuatro imágenes IR a la
mitad de distancia.

2. Sensibilidad térmica

La sensibilidad térmica define la magnitud de una diferencia de temperatura que la cámara puede detectar. Mientras mejor sea la sensibilidad térmica, menor será la diferencia de temperatura mínima que la cámara termográfica puede captar y mostrar. Por lo general, la sensibilidad térmica se describe en °C o mK. Las cámaras termográficas más avanzadas para aplicaciones en edificios tendrán una sensibilidad térmica de 0,03 °C (30 mK).



Sensibilidad de 65 mK



Sensibilidad de 45 mK

La capacidad de detectar estas diferencias de temperatura en minutos es importante en la mayoría de las aplicaciones termográficas. Una alta sensibilidad de la cámara es particularmente importante en aplicaciones de construcción, en las que las diferencias de temperatura suelen ser bajas. Se necesita una mayor sensibilidad para capturar imágenes más detalladas y, por tanto, un mejor diagnóstico para acciones posteriores. Cuanto mayor sea la sensibilidad, mejor será la cámara para capturar los detalles de imagen más precisos, incluso diferencias de baja temperatura.

3. Precisión

Todas las mediciones pueden presentar errores y, desafortunadamente, las mediciones de temperatura con termografía no son una excepción. Aquí es donde la precisión termográfica entra en escena.

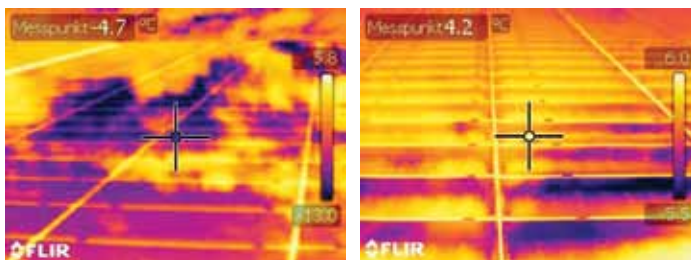
En los documentos técnicos de la cámara termográfica, la precisión se expresa en porcentajes y en grados centígrados. Este es el margen de error en el que operará la cámara. La temperatura medida puede variar desde la temperatura real al porcentaje mencionado o la temperatura absoluta, la que sea mayor.

El estándar del sector actual para la precisión es de $\pm 2\%$ / $\pm 2\text{ °C}$. Las cámaras termográficas más avanzadas de FLIR Systems obtienen una puntuación aún mejor: $\pm 1\%$ / $\pm 1\text{ °C}$.

4. Funciones de la cámara

Emisividad y temperatura aparente reflejada

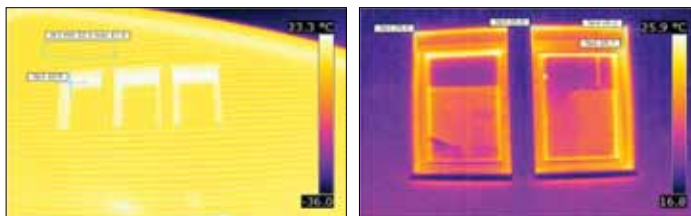
La emisividad del objeto es un parámetro muy importante que se debe tener en cuenta. Todas las cámaras termográficas de FLIR para aplicaciones de construcción permiten al operador definir la emisividad y la temperatura aparente reflejada. La capacidad de definir la temperatura aparente reflejada y la emisividad marca una gran diferencia. Al adquirir una cámara termográfica es recomendable que se asegure de que estas funciones están incluidas.



Esta termografía muestra claramente que la reflexión puede ser un problema. La cámara termográfica muestra la termografía, incluyendo los reflejos provocados por la nube. A la hora de realizar mediciones de la reflexión, la temperatura aparecerá como una mezcla de la temperatura del panel y de la temperatura aparente reflejada de la nube.

Intervalo y corrección de niveles manual

Otra importante función de la cámara es la opción de definir manualmente el intervalo y el nivel de las termografías mostradas. Sin esta función, la cámara mostrará de forma automática todas las temperaturas entre la temperatura máxima y la mínima de la escena. Sin embargo, en ocasiones, el operador solo está interesado en una pequeña parte de esa escala de temperaturas.



El intervalo de la termografía ajustada automáticamente de la izquierda es demasiado amplio. La termografía ajustada de forma manual de la derecha muestra claramente una fuga de calor que era prácticamente invisible en la termografía ajustada de forma automática.

Alarma de condensación, humedad relativa y aislamiento

- Alarma de condensación:

El punto de condensación se puede considerar como la temperatura en la que la humedad de cierto volumen de aire se convierte en agua. En este punto, la humedad relativa es del 100%. Estableciendo un número de parámetros en la cámara, la alarma de condensación detectará de forma automática las zonas en las que puede tener lugar debido a deficiencias en la estructura del edificio.

- Alarma de humedad relativa:

En algunas situaciones puede crecer moho en zonas en las que la humedad relativa sea menos del 100%. Para detectar dichas zonas, no se puede usar la alarma de condensación ya que solo detecta las zonas en las que la humedad relativa es del 100%.

Para detectar las zonas en las que la humedad relativa es de menos del 100% se puede utilizar la alarma de humedad relativa. Puede establecer el porcentaje de humedad relativa a partir del cual desea que se active la alarma.

- Alarma de aislamiento:

La alarma de aislamiento detecta las zonas en las que puede haber una deficiencia de aislamiento en el edificio. Se activa cuando el nivel de aislamiento cae por debajo de un valor preestablecido de fuga de energía a través de la pared.



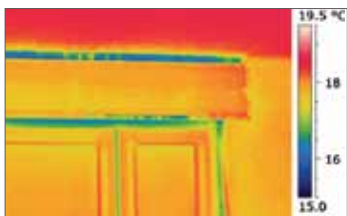
La alarma de humedad relativa le alerta sobre las áreas en las que existe riesgo de condensación. En la imagen siguiente, se indica el área en riesgo en color azul.



La alarma de aislamiento muestra dónde se encuentran las áreas superiores o inferiores a una temperatura establecida indicándolas en un color diferente.

Cámara digital

Algunas veces puede ser difícil ver qué componentes son los que aparecen en una termografía. En estos casos, puede resultar muy útil tomar también una imagen con luz visible del objetivo. La mayoría de las cámaras termográficas de FLIR poseen una cámara digital integrada. La mayor parte de los profesionales de la construcción que usan cámaras termográficas afirman que siempre toman una imagen con luz visible, para asegurarse de conocer lo que se muestra en la termografía.



Termografía



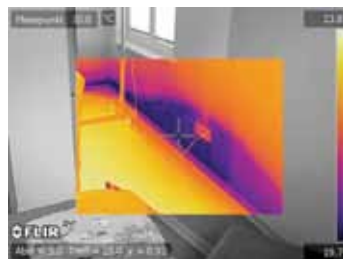
Imagen visual

Luces LED

Disponer de una luz en la cámara garantiza que la cámara digital integrada de luz visible pueda producir imágenes claras, necesarias para aprovechar al máximo las funciones Imagen-en-imagen y Fusión térmica, independientemente de las condiciones de iluminación.

Imagen-en-imagen

Mediante la función Imagen-en-imagen, el operador puede combinar imágenes de la cámara digital y la cámara termográfica. La imagen combinada muestra un recuadro sobre la foto digital con una sección de la termografía que se puede desplazar y cambiar de tamaño. Esto permite al operador localizar mejor los problemas.



Este caso de daños causados por el agua muestra claramente los beneficios de la función imagen-en-imagen, ya que el cliente puede ver fácilmente dónde se ha tomado la termografía, dato que sería mucho más difícil de conocer únicamente con la termografía.

Fusión térmica

Esta función permite al operador combinar sin problemas dos imágenes definiendo parámetros de temperatura dentro de los que se muestran datos térmicos y fuera de los cuales se muestra la foto digital. Esto ayuda a aislar los problemas y a realizar reparaciones más eficientes.



Imagen visual



Imagen de infrarrojos



Imagen de fusión térmica

Puntero láser

Algunas cámaras termográficas cuentan con un puntero láser integrado. Hay varias razones por las que esta característica es importante.

El puntero láser permite ver con precisión hacia donde enfoca la lente de la cámara termográfica. Con solo pulsar un botón, la posición del láser le permitirá ver exactamente hacia donde enfoca la cámara termográfica, lo que le permite identificar fácilmente el objetivo de medición sin tener que hacer conjeturas.

Otra razón es la seguridad. El puntero láser elimina la tendencia de apuntar con el dedo a los objetos, lo que puede resultar peligroso en algunos contextos.

Lentes intercambiables

Cuando empiece a usar una cámara termográfica y descubra todas sus posibilidades, es posible que cambien sus necesidades. Con las lentes intercambiables, puede adaptar su cámara termográfica a cualquier situación. Para la mayoría de las situaciones, las lentes estándares pueden ser una buena solución, sin embargo, en ocasiones necesita un campo de visión distinto.

En algunos casos, no hay espacio suficiente para dar un paso atrás y ver la imagen completa. Una lente de gran angular puede ser la solución perfecta. Con una lente de gran angular el operario puede inspeccionar una casa entera a solo un par de metros de distancia.

Estas lentes permiten a los inspectores de los edificios examinar un edificio entero a tan solo unos metros de distancia. Cuando el objetivo se encuentra algo alejado, puede ser útil emplear un teleobjetivo. Son ideales para objetivos pequeños o lejanos.

Diseño ergonómico y facilidad de uso

Por lo general, todas las herramientas que se utilizan deben ser ligeras, compactas y fáciles de usar.

Dado que la mayor parte de los inspectores de edificios usarán cámaras termográficas con frecuencia durante prolongados períodos de tiempo, el diseño ergonómico es muy importante.

Asimismo, los botones físicos y el diseño del menú también deben ser muy intuitivos y sencillos para facilitar un uso eficiente al usuario.



FLIR Systems intenta encontrar un equilibrio perfecto entre el peso, la funcionalidad y la facilidad de uso en todas las cámaras termográficas que fabrica. Gracias a esta política varios de sus diseños han sido galardonados.

Formato de la imagen

Un factor que afecta a la rapidez con la que se crean informes es el formato de la imagen en el que la cámara termográfica almacena la termografía. Algunas cámaras termográficas almacenan las imágenes y datos térmicos en un formato propio, por lo que se necesita software adicional para convertir las termografías a una imagen JPEG estándar.

Una cámara FLIR proporciona una imagen JPEG completamente radiométrica. Esto quiere decir que toda la información de temperatura se incluye en la imagen y que las imágenes se pueden integrar fácilmente en software estándar.



Todas las cámaras termográficas FLIR almacenan imágenes en formato JPEG.

Galería de imágenes en miniatura

Al registrar termografías in situ, puede resultar importante buscar y comparar termografías tomadas anteriormente en la memoria de la cámara. Por tanto, todas las cámaras termográficas de FLIR cuentan con una galería de imágenes en miniatura de fácil acceso que le permitirá revisar rápidamente las termografías guardadas para encontrar la que desea; una función muy cómoda y que le permitirá ahorrar mucho tiempo.



Comentarios de voz y texto

Para agilizar las inspecciones y la fase de documentación, algunas cámaras termográficas permiten escribir comentarios de texto con un teclado en pantalla táctil integrado, lo que permite redactar un informe de manera mucho más rápida y sencilla. Algunas cámaras termográficas incluso permiten grabar comentarios de voz mientras trabaja, lo que puede reducir a cero el tiempo empleado en escribir notas durante las inspecciones térmicas.



Localización por GPS

¿Se ha olvidado alguna vez dónde se realizó una termografía? ¿No pudo encontrar las notas que escribió para recordar la ubicación? Algunos de los modelos más avanzados cuentan con una función de GPS para etiquetar la termografía con su ubicación geográfica. Esta tecnología GPS le permitirá registrar la información de la ubicación en la que se ha realizado cada termografía.



Compatibilidad con herramientas de medición y de prueba externas

En ocasiones, la temperatura sola le proporciona muy poca información sobre el equipo. Para obtener una imagen completa, muchos inspectores de edificios utilizan sensores externos, como medidores de humedad. Los valores del medidor de humedad se anotan y, posteriormente, el inspector copiará los valores anotados en su informe. Este método no es eficiente y es susceptible de presentar errores humanos.

Para facilitar inspecciones fiables y eficientes, FLIR Systems ofrece cámaras termográficas que pueden guardar automáticamente los valores de un medidor de humedad en la termografía mediante la conectividad Bluetooth MeterLink. La toma de notas se dejará atrás cuando las lecturas de los medidores de humedad multifunción Extech se transfieran de forma automática e inalámbrica a la cámara y se almacenen en la termografía correspondiente.



MeterLink permite conectar de forma inalámbrica un medidor de humedad Extech a una cámara termográfica de FLIR.

Conectividad inalámbrica

Mediante la tecnología WiFi, puede comunicarse de forma inalámbrica con la cámara para, por ejemplo, enviar imágenes directamente desde la cámara a un smartphone o tablet PC (iPhone or iPad).



5. Software

Tras realizar la inspección, es probable que tenga que presentar los resultados de la misma a sus compañeros o clientes. El análisis de termografías y la creación de informes de inspección completos son tareas importantes. Es recomendable que se asegure de que su cámara termográfica incluye un paquete de software básico que le permita hacerlo.



La mayoría del software incluido en cámaras termográficas le permitirá hacer informes y análisis básicos. Se incluirán herramientas para realizar mediciones de la temperatura en un solo punto u otro tipo de mediciones básicas. Si necesita más opciones de análisis e informes, el fabricante de la cámara termográfica debe ofrecer un paquete de software más avanzado. Entre las funciones que se incluyen en este paquete deben estar las siguientes:

- Diseño flexible de página de informes para informes personalizados
- Herramientas potentes para análisis de temperatura: medición de varios puntos, áreas y diferencias de temperatura
- Fusión triple de Imagen en imagen (se puede mover, cambiar de tamaño, escalar)
- Funcionalidad de tendencias
- Creación de fórmulas mediante valores de medición termográficos
- Reproducción de secuencias radiométricas directamente en el informe
- Función de búsqueda para encontrar rápidamente imágenes para su informe
- Herramienta panorámica para combinar varias imágenes en una más grande

Gracias a una buena información de análisis y un buen informe térmico, podrá mostrar con claridad a sus gerentes o clientes dónde se encuentran los posibles problemas y convencerlos de las medidas preventivas que se deben tomar.



6. Demandas de formación

FLIR coopera con el Centro de formación en infrarrojos (ITC), una empresa de formación global que funciona según los estándares mundiales. El ITC ofrece desde breves cursos de introducción hasta cursos de certificación. Para obtener más información, visite www.infraredtraining.com o www.irtraining.eu.

9

Cómo llevar a cabo inspecciones termográficas

Una vez recibida la cámara termográfica, puede comenzar la inspección. Pero, ¿por dónde empezar? En esta sección de la guía encontrará varios métodos termográficos que le servirán para empezar.

1. Definir la tarea

Comience la tarea entrevistando al cliente sobre las condiciones del edificio. Por ejemplo: ¿se ha producido un aumento reciente en el consumo de energía? ¿Hace frío dentro? ¿Se percibe una corriente de aire? Después determine la temperatura tanto del interior como del exterior y asegúrese de que la diferencia de temperatura es suficiente para la inspección de edificios (se recomienda una diferencia mínima de 10 °C).

2. Comenzar desde el exterior

Comience la inspección termográfica desde el exterior. Desde aquí se pueden localizar rápidamente los puentes de frío o la falta de aislamiento. También es importante tomar termografías de zonas cuyas condiciones parecen estar bien. Esto nos permitirá comparar el resultado con imágenes que muestran fallos para evaluar el grado de los distintos problemas encontrados.

3. Continuar en el interior

El siguiente paso es ver la situación desde el interior. Sin embargo, esto necesita una rigurosa preparación. Para prepararse para la exploración térmica del interior, el inspector deberá tomar medidas para asegurar un resultado preciso. Entre ellas se incluye retirar el mobiliario de las paredes exteriores y quitar las cortinas. Es aconsejable hacerlo como mínimo seis horas antes de la inspección para que las propiedades aislantes de los muebles no influyan en las lecturas térmicas de la cámara termográfica. Como se ha comentado antes, el requisito para realizar inspecciones termográficas precisas es una gran diferencia de temperatura (mínimo 10 °C) entre la temperatura interior y la exterior.

Cuando se cumplen estas condiciones el inspector puede comenzar a escanear cada habitación del edificio con la cámara térmica. Durante el proceso el inspector debe asegurarse de que toma notas precisas de dónde se tomó cada termografía, quizá marcando la ubicación con flechas en un plano, para mostrar exactamente desde qué ángulo las tomó.

4. Realizar una comprobación de hermeticidad del aire

Pequeñas grietas y hendiduras pueden provocar una corriente de aire. No es solo molesto, si no que además puede provocar grandes pérdidas de energía. Una fuga de aire puede ser la culpable de la mitad de la energía consumida en calefacción. Una comprobación de la hermeticidad del aire, frecuentemente conocida como prueba de "puerta-ventilador" puede hacer visibles las grietas más pequeñas.

Esta prueba exagera las fugas de aire a través de defectos en la estructura exterior del edificio.

Un sistema de "puerta-ventilador" incluye tres componentes: un ventilador calibrado, un sistema de panel de puerta y un dispositivo para medir el flujo del ventilador y la presión del edificio. El ventilador se fija temporalmente a una puerta exterior usando sistema de panel de puerta. El ventilador se utiliza para infiltrar aire dentro y fuera del edificio, lo que crea una pequeña diferencia de presión entre el interior y el exterior.



El equipo de la "Puerta-ventilador" se instala normalmente en la puerta de entrada.

Un sistema de "puerta-ventilador" utiliza el ventilador tanto para extraer como para introducir aire en una habitación, provocando una diferencia de presión. En situaciones en las que el aire exterior es más frío, el método más común es la extracción del aire de la habitación utilizando el sistema "puerta-ventilador". Como resultado, la presión dentro de la habitación es menor que la del exterior; normalmente la diferencia es de 50 Pa.

Debido a esta diferencia de presión, el aire del exterior se dirigirá hacia la habitación a través de las grietas existentes. El aire del exterior enfriará la zona en la que se encuentre la grieta. Esta diferencia de temperatura aparecerá claramente en la termografía como un punto frío o zona fría, permitiendo que el operario la ubique de forma precisa y represente la ruta de la infiltración de aire.

5. Análisis y creación de informes

Cuando se hayan inspeccionado todas las habitaciones, será el momento de volver a la oficina para realizar el análisis de las imágenes y resumir las conclusiones en un informe.

Los programas de software patentados por FLIR como QuickReport, QuickPlot, BuildIR y Reporter permiten que el inspector realice informes exhaustivos de la inspección de edificios de forma eficaz para mostrárselos a los compañeros o clientes.



NOTAS



FLIR i3 / i5 / i7



Serie Ebx de FLIR



Serie B de FLIR



T640bx de FLIR



FLIR B620/B660