

### 1.1.1 Termografía

La termografía es una herramienta basada en el estudio de la temperatura de los equipos e instalaciones de una empresa sin interrumpir su ciclo de producción.

Mediante el empleo de termografía infrarroja, técnica que permite medir una temperatura de superficie con precisión, se pueden identificar componentes eléctricos y mecánicos más calientes de lo que deberían estar, o detectar pérdidas excesivas de calor: indicios de aislaciones deficientes o inadecuadas. Así mismo se logra una reducción de los tiempos de parada de un equipo, al minimizar la probabilidad de detenciones imprevistas o no programadas. Es decir basándose en la predicción del estado del equipo, de las instalaciones, etc. realizar el mantenimiento preventivo/correctivo de manera programada.

Esta técnica permite detectar, sin contacto físico con el elemento bajo análisis, cualquier falla que se manifieste en un cambio de la temperatura sobre la base de medir los niveles de radiación dentro del espectro infrarrojo. La termografía infrarroja juega un rol cada vez más importante en el mantenimiento. Esta técnica de producir imágenes a partir de la radiación térmica que emiten los objetos, sirve a los encargados de realizar las tareas de mantenimiento en dos aspectos mencionados a continuación:

Es un medio que, sin contacto alguno, permite identificar componentes eléctricos y mecánicos más calientes de lo que deberían estar. En general, una falla electromecánica antes de producirse se manifiesta generando e intercambiando calor. Este calor se traduce habitualmente en una elevación de temperatura que puede ser súbita, pero, por lo general y, dependiendo del objeto, la temperatura comienza a manifestar pequeñas variaciones., e indica también pérdidas excesivas de calor que usualmente son síntomas de aislamiento defectuosa o inadecuada. [5]

Su empleo proporciona una reducción en los tiempos de parada al minimizar la probabilidad de detenciones imprevistas o no programadas, gracias al aporte que brinda en cuanto a la planificación de las reparaciones programadas y el mantenimiento. En cuanto a la reducción de costos, el empleo de esta tecnología consigue ahorros en energía eléctrica, una protección adecuada de equipos valiosos, velocidad de inspección y diagnóstico, y lo más importante: evita las pérdidas de producción ocasionadas por paradas imprevistas. [5]

**1.1.1.1 Cámara Termográfica.** Es un equipo que mide la radiación térmica de los cuerpos y la convierte en una imagen visible de varios colores los cuales están establecidos por su temperatura. Generalmente, estas cámaras manejan longitudes de onda entre  $8 \mu\text{m}$  y  $15 \mu\text{m}$ .

**Figura 1.** Equipo THERMO PRO TP8S para termografías.



**Fuente:** Escuela de Tecnología Mecánica Universidad Tecnológica de Pereira.

Las cámaras termográficas pueden entregar dos tipos de medidas: Medidas cualitativas y medidas cuantitativas como se explican a continuación.

- **Medidas cualitativas:** Son imágenes que poseen diversos colores por medio de los cuales se pueden identificar los puntos más calientes y verificar la uniformidad de la temperatura de un equipo.
- **Medidas cuantitativas:** Son valores exactos de temperatura de los puntos calientes que sirven para determinar la gravedad de un problema existente para realizar la acción correctiva pertinente que le permita al equipo volver a su estado normal de operación.

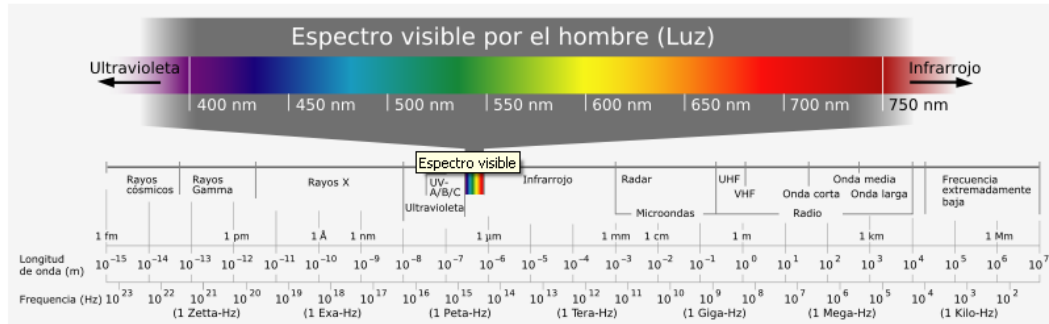
**1.1.1.2 Radiación infrarroja.** La radiación infrarroja es una forma de radiación electromagnética como las ondas de radio, las microondas, rayos ultravioleta, rayos gamma, la luz visible, etc. Todas estas formas de radiación en conjunto dan lugar al espectro electromagnético. Tiene en común que todas ellas emiten energía en forma de ondas electromagnéticas y se propagan a la velocidad de la luz. La radiación infrarroja se define como aquella que tiene una longitud de onda entre 0,78  $\mu\text{m}$  y 1000  $\mu\text{m}$  (micras). Los rayos infrarrojos se subdividen en función de la proximidad de longitud de onda a la luz visible como cercanos, medios o lejanos. [5]

**1.1.1.3 Espectro infrarrojo.** Todo equipo y/o elemento emite energía desde su superficie. Esta energía se emite en forma de ondas electromagnéticas que viajan a la velocidad de la luz a través del aire o por cualquier otro medio de conducción.

La cantidad de energía está en relación directa con su temperatura. Entre más caliente está el objeto, más energía tiende a radiar. La diferencia entre un cuerpo caliente y uno frío es el grado en el cual ambos cuerpos emiten y absorben energía. Si el objeto absorbe más energía que la que radia se le considera frío, si el objeto emite más energía que la que absorbe se considera que está caliente.

La temperatura de los cuerpos determina el tipo de luz que emite, entre más frío sea el objeto mayor es la longitud de onda en la que brilla. Esta es la energía infrarroja, la cual es invisible al ojo humano, pero a través de equipos apropiados, "cámaras de termografía", podemos "ver" esta energía y transformarla en imágenes visibles. En la figura 9 se puede observar en espectro infrarrojo. [6]

**Figura 2.** Espectro infrarrojo.



**Fuente:** espectro infrarrojo disponible en la red [7]

**1.1.1.4 Emisividad.** La emisividad de un objeto se define a partir del concepto de cuerpo negro. Un cuerpo negro es aquel que absorbe toda la radiación infrarroja que recibe, no refleja ni transmite por lo tanto nada. La radiación emitida por un cuerpo negro es función únicamente de la temperatura. [8]

**1.1.1.5 Determinación de la emisividad.** Existen varios métodos para determinar la emisividad de un material, a saber:

- **Tablas de emisividad:** En estas se puede ver la emisividad para los materiales más utilizados en la industria, principalmente en las instalaciones eléctricas.
- **Medición de temperatura por contacto:** Se puede determinar la emisividad de un material midiendo la temperatura por medio de un instrumento de contacto, como por ejemplo: una termocupla o un termómetro. Conociendo la temperatura real del material se lo enfoca con la cámara y se le ajusta la emisividad hasta que la cámara marca la temperatura media anteriormente.
- **Comparación con una emisividad conocida:** un método muy práctico es colocarle al objeto una cinta de un material cuya emisividad sea conocida

(por ejemplo: cinta aisladora negra (= 0.95), para luego dejarlo un tiempo prudente a fin de que adquieran ambos (cinta y objeto) la misma temperatura. Posteriormente se mide con la cámara la temperatura sobre la cinta, ajustando la emisividad en 0.95; después se mide la temperatura sobre el objeto y se ajusta la emisividad hasta que marque la temperatura medida sobre la cinta. [8]

- **Especificaciones de fabricantes:** existen fabricantes que en sus catálogos indican la emisividad de los materiales o elementos que fabrican.

**1.1.1.6 Efectos de la emisividad.** Si un material de alta emisividad y otro de baja emisividad se colocaran juntos en el interior de un horno y se calentaran exactamente a la misma temperatura, el material de baja emisividad parecería al ojo mucho más tenue. Esto es debido a la diferencia de emisividades de los materiales, provocando radiaciones a distintos niveles, haciendo que el material de baja emisividad parezca más frío que el de alta emisividad, aunque ambos estén a la misma temperatura. La cámara de termografía lo vería igual que el ojo humano y produce un error en la medida de temperatura. La temperatura de un objeto no puede determinarse midiendo la energía infrarroja que emite, también debe conocerse el valor de emisividad del objeto. [8]

**1.1.1.7 Aplicaciones de las cámaras termográficas.** La termografía infrarroja permite localizar e identificar problemas invisibles al ojo humano, y se basa en el hecho de que todos los objetos que están a una temperatura superior a 0K (-273°C) emiten radiación infrarroja, la intensidad de radiación infrarroja está correlacionada con la temperatura superficial.

Las diferencias de temperaturas se muestran en una escala de grises o color, el rango de colores se muestra a la derecha. Las imágenes termográficas tienen aplicaciones en numerosos campos:

- **Inspecciones de eficiencia energética:** Una inspección (o auditoría energética) de un edificio analiza numerosos aspectos relativos a la construcción. Idealmente esta inspección debería hacerse en una construcción recién terminada o al menos en el período de garantía a cargo del promotor. La auditoría energética señala los problemas de índole energética debidos a fallos de diseño, construcción o materiales, entre otras cosas; (Localización de fugas térmicas, sobrecarga de circuitos eléctricos, localización de aislamientos térmicos mal instalados, dañados o húmedos).
- **Inspecciones de cubiertas de edificios:** Problemas de humedades o fallos en el aislamiento se detectan con rapidez y precisión. Esto permite ceñir los trabajos de reparación al área afectada con lo cual se reducen costos. Las cámaras termográficas detectan problemas en equipos y procesos, bombas, seguimiento de la temperatura de procesos, sistemas frigoríficos, hornos y procesos de calentamiento, obturación y fugas en conducciones, niveles de tanques, perfiles térmicos
- **Inspecciones mecánicas:** Detección de problemas de fluidos, aislamiento, maquinaria rotativa y transmisión de potencia, fallos de alineamiento o acoplamiento, minimización de tiempo fuera de servicio, detección de conexiones eléctricas defectuosas, sobrecargadas o desequilibradas.
- **Inspecciones eléctricas:** Detección de malas conexiones, sobrecargas, cortocircuitos y desequilibrios, localización de problemas sin interrupción del servicio, minimización del tiempo necesario para las reparaciones puesto que los problemas se diagnostican de forma concisa, reducción de fallos de suministro imprevistos, termografía de subestaciones, revisión de cientos de conexiones de forma muy rápida.[8]

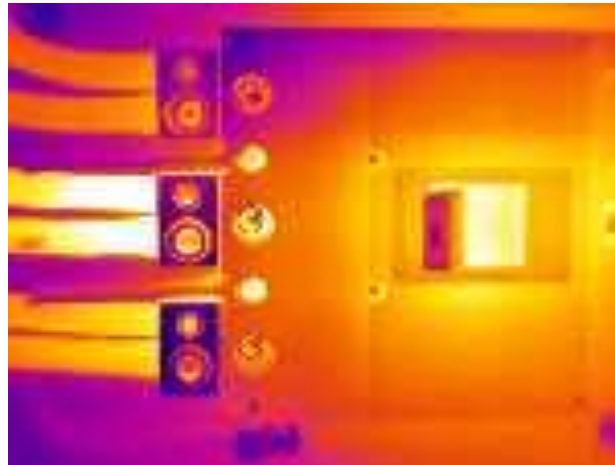
## **2.1 ENSAYO DE TERMOGRAFIA.**

La principal técnica empleada en los ensayos infrarrojos es la termografía. Esta técnica se basa en la detección de áreas calientes o frías mediante el análisis de la parte infrarroja del espectro electromagnético. La radiación infrarroja se transmite en forma de calor y mediante el uso de instrumentos capaces de medirla es posible detectar discontinuidades superficiales y sub-superficiales en los materiales, recalentamiento en partes mecánicas, sobrecargas de energía en subestaciones eléctricas etc.

En esta técnica se emplea una cámara termografica que proporciona una imagen infrarroja llamada termografía, en la cual las áreas calientes se diferencian de las áreas frías por diferencias de tonalidades. Se puede observar la termografía de la figura 31, en la cual los tonos amarillos y rojizos representan las áreas calientes y los tonos azules y violetas representan las áreas frías.

**Figura 3.** Ejemplo de termografía





**Fuente:** Imágenes de termografía.

**2.1.1 Termografía en instalaciones mecánicas.** Los datos térmicos recopilados con una cámara termográfica pueden ser una fuente muy valiosa de información complementaria para los estudios de vibración y la supervisión de los equipos mecánicos.

Los sistemas mecánicos se recalientan si hay errores de alineamiento en ciertos puntos del sistema.

Las cintas transportadoras son un buen ejemplo. Si un rodillo está gastado, aparecerá claramente en la termografía, indicando que debe cambiarse.

Cuando los componentes mecánicos se desgastan y pierden eficiencia suelen disipar más calor. Como resultado, los equipos o sistemas defectuosos aumentan rápidamente su temperatura antes de averiarse.

Al comparar periódicamente lecturas de una cámara termográfica con el perfil de temperatura de una máquina en condiciones de funcionamiento normales, es posible detectar una gran cantidad de fallos distintos.

También se pueden inspeccionar motores mediante una cámara termográfica. Los fallos en el motor, como los signos de desgaste en el contacto de las escobillas y los cortocircuitos en los armazones, suelen producir un calor excesivo antes del fallo pero son imposibles de detectar mediante un análisis de vibraciones puesto que con frecuencia generan poca o ninguna vibración. La termografía ofrece una visión completa y permite comparar las temperaturas de distintos motores.

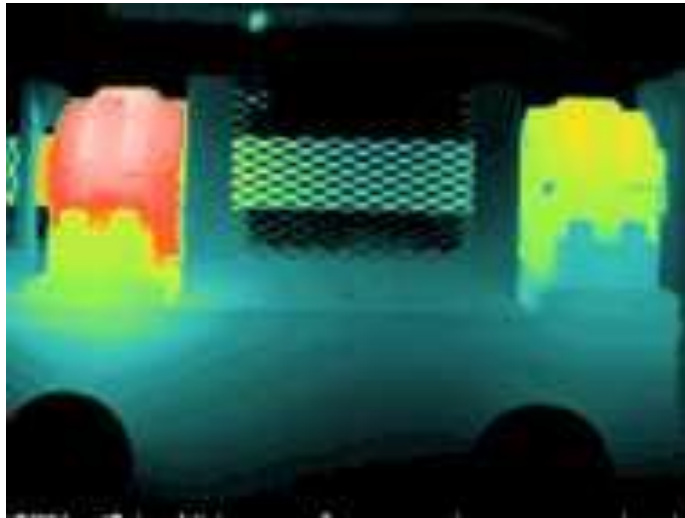
Otros sistemas mecánicos que se supervisan con cámaras termográficas son conexiones, transmisiones, cojinetes, bombas, compresores, correas, turbinas y cintas transportadoras. [15]

Ejemplos de averías mecánicas que se pueden detectar con la termografía:

- Problemas de lubricación.
- Errores de alineación.
- Motores recalentados.
- Rodillos sospechosos.
- Bombas sobrecargadas.
- Ejes de motor recalentados.
- Rodamientos calientes.

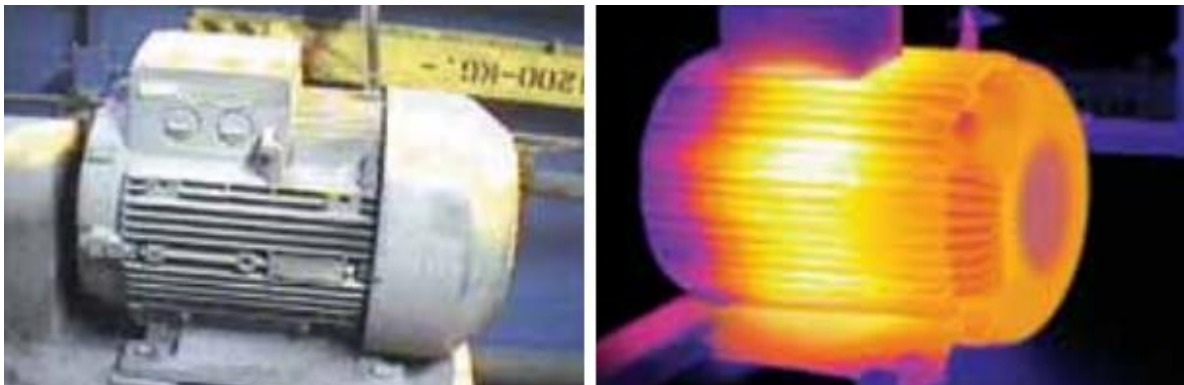
Estos y otros problemas se pueden detectar en una fase temprana mediante una cámara termografica. Esto ayudará a evitar que se produzcan daños. [15]

**Figura 4.** Problemas en el rodamiento



**Fuente:** Termografía FLIR

**Figura 5.** Motor con problema de bobinado interno



**Fuente:** Termografía FLIR

Como se puede ver en las imágenes mostradas anteriormente a simple vista, con la toma de la cámara digital de uso normal, parecen estar funcionando perfectamente, pero con el uso de la cámara termografica se puede detectar rápidamente y a simple vista una condición irregular que puede conducir a una falla más adelante.

**2.3.1.1 Inspección termografica de rodamientos.** En un gran número de programas de mantenimiento predictivo utilizan la termografía para realizar seguimientos de las temperaturas aparentes de un equipo. Con el visionado de una imagen térmica pueden detectarse fallos y evitar pérdidas del equipo. Mediante las imágenes térmicas que capturan mapas infrarrojos bidimensionales de las temperaturas de los rodamientos y del alojamiento, se podrán comparar las temperaturas de funcionamiento actuales con las especificaciones de referencia y localizar posibles fallos de funcionamiento.

En general, el análisis de vibraciones es el método más utilizado de los programas de mantenimiento predictivo para supervisar rodamientos de gran tamaño, fácil acceso y que trabajan a alta velocidad. No obstante, este análisis sólo se puede llevar a cabo de una forma segura si se colocan los transductores de medida de vibraciones sobre los rodamientos. En el caso de rodamientos de pequeño tamaño (por ejemplo, de los rodillos de una cinta transportadora), que funcionan a baja velocidad y a los que no se puede acceder directamente o que pueden poner en riesgo para la seguridad si se intenta acceder a ellos durante el funcionamiento del equipo, la termografía puede ser una buena alternativa. En la mayoría de los casos, se pueden realizar imágenes térmicas mientras el equipo está funcionando, si guarda una distancia de seguridad. Además, capturar imágenes térmicas con una cámara termografica portátil es más rápido que realizar un análisis de vibraciones. [15]

El equipo mecánico debe inspeccionarse cuando se haya calentado, se encuentre en un estado de funcionamiento estable y tenga una carga normal. De este modo, las medidas podrán interpretarse dentro de unas condiciones normales de funcionamiento.

Capturar una imagen térmica del rodamiento que desea medir y, si fuera posible, capturar imágenes de otros rodamientos de la misma área, cuando estén realizando la misma función o una similar: por ejemplo, capturar y comparar la

imagen del rodamiento del lado opuesto de la cinta transportadora, del rodillo de una máquina de papel o de otro cojinete del mismo eje.

Los problemas en los rodamientos se suelen encontrar comparando sus temperaturas con las temperaturas de superficie de rodamientos similares que funcionan en circunstancias parecidas. En una imagen por infrarrojos, el sobrecalentamiento se muestra como “puntos calientes” y se suele localizar comparándolo con las imágenes térmicas de un equipo similar. Uno de los procedimientos que se realiza durante la comprobación de rodamientos es la comparación entre las temperaturas de los bloques motor (para motores y rodamientos del mismo tipo), o bien de las temperaturas del estator y del bloque motor. [15]

### **3.1 DESCRIPCION GENERAL DE LA CAMARA TERMOGRAFICA.**

En esta parte se describen las especificaciones técnicas de la cámara termografica (THERMOPRO TP8S) y las aplicaciones de esta.

#### **3.2.1 Especificaciones generales de la cámara termografica**

**Marca:** THERMOPRO.

**Modelo:** TP8S.

**Peso:** 0,85Kg (sin batería y pantalla LCD), 1,1Kg (con batería y pantalla LCD)

**Tamaño:** 186mm x 106mm x 83mm

**Tipo de detector:** Micro bolómetro FPA (384 X 288) pixeles, 35 $\mu$ m.

**Emisividad:** Valorada entre 0,01 y 1,0.

**Rango de temperatura:** - 20°C a 600°C.

**Sensibilidad térmica:** 0,08°C a 30°C

**Exactitud:**  $\pm 2^\circ\text{C}$  o  $\pm 2\%$  de lectura.

**Corrección de emisividad:** Variable de 0,01 a 1,0 (incremento de 0,01)

**Formato de archivos:** JPEG (Es un archivo individual que contiene imágenes infrarrojas, normales o visuales).

**Almacenamiento de imagen:** Tarjeta SD de (2) GB extraíble o memoria interna.

**Temperatura de funcionamiento:** -20°C a 60°C.

**Humedad relativa de funcionamiento:** 0 y 100%.

**Batería:** Litio recargable.

**Modos de medición:** Punto, área, isoterma, perfil de línea, foco caliente automático. Foco de cálido/frío automático, alarma automática para temperaturas

superiores o inferiores. Histograma e isoterma en imagen y video en vivo, zoom, congelada y guardada. [19]

La cámara termografica ThermoPro TP8S también cuenta con medios de comunicación hacia otros dispositivos como son: cable VGA, (figura 43), cable RS232 para control de la cámara en el PC (figura 44) y cable USB para transferencia de imágenes hacia el PC.

**Figura 6.** Cable VGA de la cámara ThermoPro TP8S.



**Fuente:** Escuela de Tecnología mecánica Universidad Tecnológica de Pereira.

**Figura 7.** Cable RS232



**Fuente:** Escuela de Tecnología mecánica Universidad Tecnológica de Pereira.

### 3.1.1 Partes principales del equipo

La figura 45 muestra las partes principales de la cámara termográfica TP8S.

**Figura 8.** partes de la cámara termografica THERMOPRO TP8S







**Fuente:** THERMOPRO TP8S. Manual del Usuario. Guía de tecnología Infrarroja. Wuhan Co Ltda. 2006

- |  |                                       |
|--|---------------------------------------|
| 1. Pantalla táctil.  | USB, estado de la tarjeta de memoria. |
| 2. Lente de IR.  |                                       |
| 3. Rueda de enfoque visual.  | 13. Joystick.                         |
| 4. Interfaz video VGA.   | 14. Botón S, botón C y botón A.       |
| 5. Interfaz USB 2.0.   | 15. Ventana de bluetooth.             |
| 6. Entrada de la batería.  | 16. TV interface video.               |
| 7. Broche de correa.   | 17. Encendido de interface.           |
| 8. Lente de visor.   | 18. Laser localizador.                |
| 9. Ajustador de dióptrico.   | 19. Visualizador digital.             |
| 10. Micrófono grabador de voz.                                     | 20. Batería de litio.                 |
| 11. F1 F4 botones de función y encendido.                          | 21. Cargador de batería.              |
| 12. Pantalla de estado para verificar si está encendida la cámara, | 22. Tarjeta de memoria SD.            |

### 3.1.2 Botones de la Cámara Termográfica

A continuación se describe la función de cada una de los botones de la Cámara Termografica.

- **Botón power:** Se utiliza para el encendido y apagado.

- **Botón F1:** Cambia a modo sleep. Todas las salidas de video se apagan y la luz roja del indicador en la parte de atrás de la Cámara Termografica parpadea y al presionarla de nuevo, regresa a trabajar normalmente.
- **Botón F2:** Cambia de imagen térmica a imagen visual o viceversa.
- **Botón F3:** Enciende y apaga el láser localizador. También visualiza o cierra el histograma en la imagen termografica congelada o guardada.
- **Botón F4:** presionando y apuntando al objetivo a ser analizado, la cámara termografica enfoca automáticamente hasta conseguir una imagen más clara.

La figura 46 muestra el Botón power y los botones F1, F2, F3 y F4 de la Cámara Termografica.

**Figura 9.** Botón power de encendido y botones F1 a F4 de funciones de la Cámara Termografica.



**Fuente:** THERMOPRO TP8S. Manual del Usuario. Guía de tecnología Infrarroja. Wuhan Co Ltda. 2006

- **Joystick:** Cuando no hay ningún menú desplegado en la imagen termografica, se debe mover el joystick de arriba abajo para ajustar el enfoque y de izquierda a derecha para agrandar la imagen continuamente. También al oprimir el joystick y al moverlo en todas las direcciones se puede navegar por todas las opciones de menú, o introducir valores en los parámetros.

- **Botón S:** Se presiona para congelar una imagen termografica y al presionar por segunda vez se guarda la imagen en la memoria interna o en la tarjeta de memoria.
- **Botón C:** Para cancelar un cuadro de dialogo seleccionado o un menú y volver a la imagen termografica. También al oprimir el botón S y botón C simultáneos sin que haya cuadros de diálogos o menú seleccionado en la pantalla se realiza una calibración automática de la cámara termografica.
- **Botón A:** Ajusta el rango de temperatura, rango de filtro y las paletas.

La figura 47 muestra el joystick y los botones S, C, y A de la Cámara Termografica.

**Figura 10.** Joystick y botón S, C y A





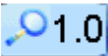

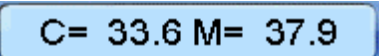
**Fuente:** THERMOPRO TP8S. Manual del Usuario. Guía de tecnología Infrarroja. Wuhan Co Ltda. 2006

### 3.1.3 Interfaz gráfica de la cámara termografica.

La tabla 10 muestra todos los iconos que muestra la pantalla de la cámara termografica.

**Tabla 1.** Interfaz de la cámara termografica.

ICONO	SIGNIFICADO	FUNCION
-------	-------------	---------

	<p>Menú de configuración.</p>	<p>Despliega la unidad de temperatura y ajuste Tmax, la paleta, Tmin y el rango para el filtro 1 es 20°C a 250°C, el rango para el filtro 2, es 100°C a 800°C.</p>
	<p>Barra de estado.</p>	<p>Muestra el estado de la imagen en vivo, congelada, guardada, en modo automático y modo manual.</p>
	<p>Barra de zoom.</p>	<p>Indica el aumento de la imagen actual.</p>
	<p>Barra de memoria media.</p>	<p>Indica la memoria que usa la cámara termografica actualmente.</p>
	<p>Barra de temperatura.</p>	<p>Muestra la temperatura del centro y la temperatura máxima de la imagen actual.</p>

**Fuente:** THERMOPRO TP8S. Manual del Usuario. Guía de tecnología Infrarroja. Wuhan Co Ltda.

2006

## **4.1 GUIA PARA LA UTILIZACION DE LA CAMARA TERMOGRAFICA**

### **4.1.1 Practica 1. Reconocimiento de la cámara termografica y toma de una termografia.**

#### **MEDIDAS DE SEGURIDAD.**

No golpear el equipo ni la pantalla LCD desmontable

Asegurar que la batería este completamente cargada

Asegurar que la cámara termografica lleve la memoria SD insertada

#### **EQUIPO, ACCESORIOS Y MATERIALES**

Cámara termografica Thermo PRO TP8S

#### **OBJETIVO**

Obtener el conocimiento para el manejo básico de la cámara termografica, realizando una medición con ella.

#### **ALCANCE**

Medición de termografia en la transmisión por poleas de un torno.

#### **INTRODUCCIÓN**

La termografia es una técnica confiable, rápida y segura para detectar cualquier tipo de fallo a través de la temperatura. Todos los objetos eléctricos, electrónicos o mecánicos sufren alteraciones en su temperatura debido principalmente a malos funcionamientos, falsos contactos, altas fricciones, rozamientos etc. En esta práctica se podrá apreciar el cambio de temperatura cada determinado tiempo en una transmisión de poleas de un torno del taller de máquinas de la Universidad Tecnológica de Pereira

## PROCEDIMIENTO

1. Montar y ajustar la pantalla LCD en la cámara termografica.
2. Presionar el botón On/Off durante 3 segundos para encender la cámara.  
Precaución: la tapa de la cámara debe estar instalada, puesto que el equipo se auto calibra con respecto a esta superficie. En la autocalibración el equipo genera un sonido, parecido a un chasquido indicando de que la cámara se ha calibrado.
3. Esperar a que aparezca la imagen en la pantalla, retirar la tapa de la lente.
4. Por defecto la cámara opera con una emisividad de 0.9 acero opaco, la cual se puede cambiar dependiendo del material al que se va a efectuar la medición. La emisividad de otros materiales se pueden determinar en cualquier tabla de emisividades (Anexo 2), o determinarla de la siguiente forma; primero adherir un trozo de cinta negra al objeto a medir ya que la emisividad de todo cuerpo negro es igual a 1, medir la temperatura de la cinta con la cámara termografica. La temperatura medida es el valor de referencia, a continuación se ajusta la emisividad hasta que la cámara mida la misma temperatura en cualquier zona sin la cinta negra. El valor de emisividad ajustado corresponde a la emisividad de la superficie del objeto medido.
5. Si no se conoce la temperatura aproximada del material al cual se está midiendo se procede a enfocarla al objeto de medición, se observa en la pantalla la temperatura máxima y con esta se ajusta la paleta de colores, presionando el botón [A] y liberar al instante, para ajustar Tmax y Tmin y los filtros. Los filtros se ajustan según la temperatura medida el filtro uno para

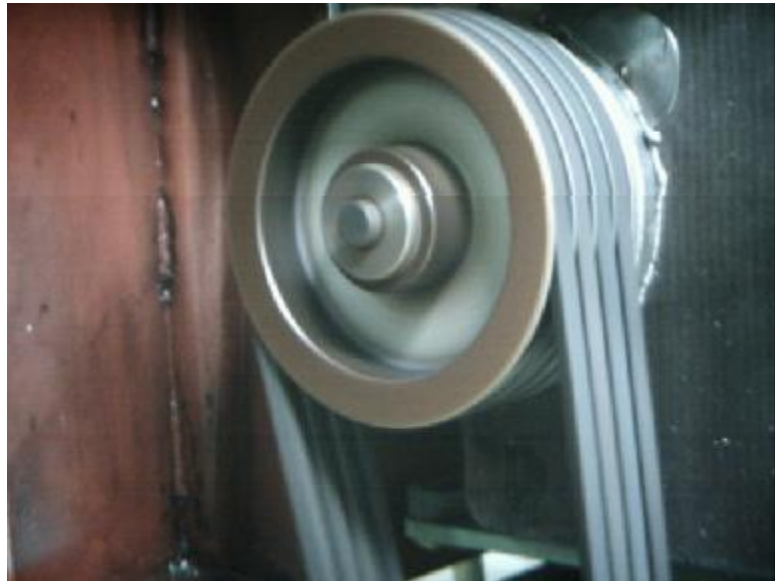
temperaturas entre  $-20^{\circ}\text{C}$  y  $100^{\circ}\text{C}$ , filtro 2 para temperaturas entre  $100^{\circ}\text{C}$  y  $600^{\circ}\text{C}$ .

Ejemplo, si la temperatura máxima marcada en la pantalla es de  $30^{\circ}\text{C}$  se ajusta el  $T_{\text{max}}$  en  $50^{\circ}\text{C}$  y  $T_{\text{min}}$  en  $20^{\circ}\text{C}$ .

$10^{\circ}\text{C}$  por debajo de la temperatura máxima marcada en la pantalla y  $20^{\circ}\text{C}$  por encima de ella.

Para el caso de esta práctica el objeto de medición fue la transmisión por correas de un torno convencional (figura 76) y la temperatura máxima mostrada en la pantalla fue de  $27^{\circ}\text{C}$  y la  $T_{\text{max}}$  y la  $T_{\text{min}}$  ajustada en el equipo fue de  $50^{\circ}\text{C}$  y  $20^{\circ}\text{C}$  respectivamente

**Figura 11.** Transmisión por poleas torno convencional.



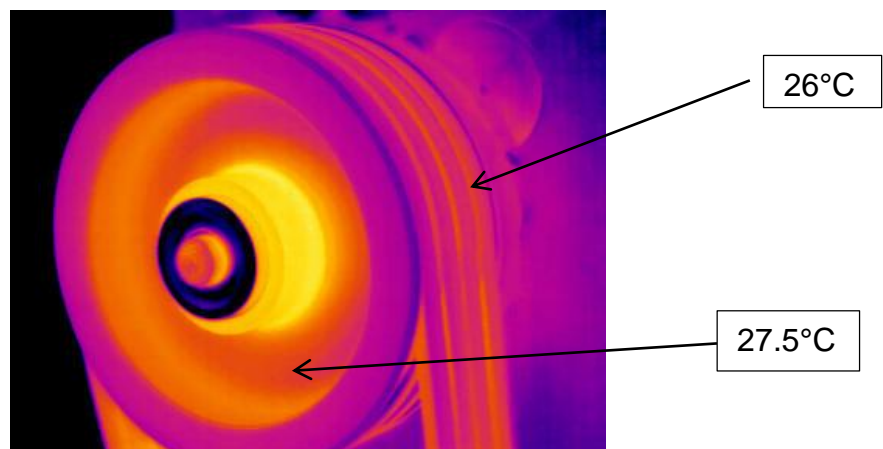
**Fuente:** Escuela de Tecnología mecánica Universidad Tecnológica de Pereira.

6. Abrir la tapa lateral del accionamiento de un torno convencional (como los del Taller de Máquinas-herramienta de la Universidad Tecnológica de

Pereira y proceder a tomar la primera medición de termografía a una distancia aproximada de (1) metro de la región de interés. Esta primera termografía se debe realizar con el torno apagado y sin haber trabajado, para poder observar la temperatura a la que se encuentra antes de entrar en funcionamiento.

- Apuntar la cámara hacia al y presionar el botón [F4], para enfocar automáticamente o mover el joystick de arriba abajo para el enfoque manual.
- Presionar el botón [F2] para visualizar la imagen real, presionarlo por segunda vez para regresar a la imagen termografica y poder realizar la primera termografia.
- Presionar el botón [S] para congelar la imagen, y presionar el botón [S] por segunda vez para guardar la imagen congelada en la tarjeta de memoria, o en la memoria interna de la cámara.
- Al finalizar los pasos anteriores se observara la termografía de la figura 76.

**Figura 12.** Medición a 0 minutos de funcionamiento.



**Fuente:** Escuela de Tecnología mecánica Universidad Tecnológica de Pereira.



- Presionar el botón [C] para volver a la imagen termografica.

Todas las imágenes guardadas se pueden reproducir o borrar desplegando el menú principal y seleccionando la opción lista de archivo, bajo el submenú cuando no hay ningún menú desplegado en la imagen (figura 78)

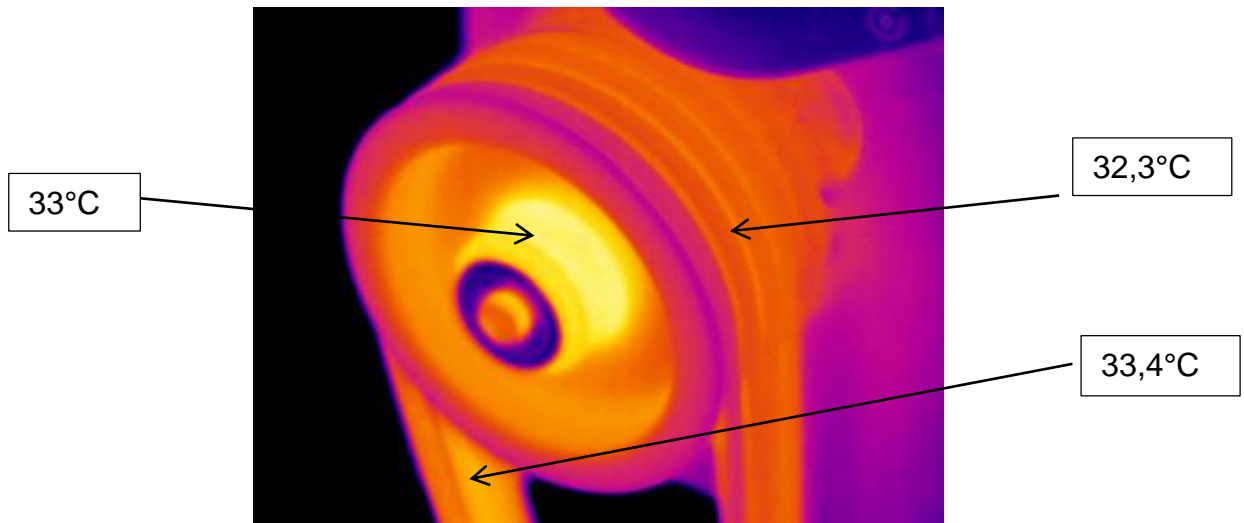
**Figura 13.** Reproducción de las imágenes guardadas



**Fuente:** THERMOPRO TP8S. Manual del Usuario. Guía de tecnología Infrarroja. Wuhan Co Ltda. 2006

- Encender el torno y dejarlo en funcionamiento durante 5 minutos como mínimo.
- Tomar la segunda medición, repitiendo los procedimientos enunciados en las viñetas anteriores. Al finalizar se obtiene la termografía de la figura 79.

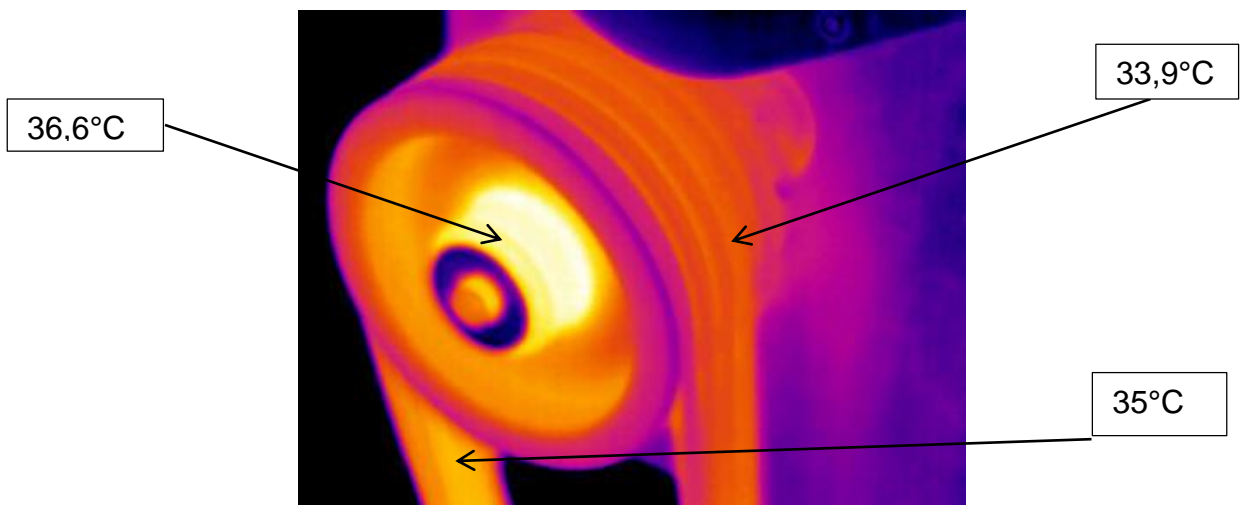
**Figura 14.** Medición a 5 minutos de funcionamiento



**Fuente:** Escuela de Tecnología mecánica Universidad Tecnológica de Pereira.

- Presionar el botón [C] para volver a la imagen termografica.
- Tomar la tercera termografía después de (10) minutos de funcionamiento del torno. Se obtiene la termografía de la figura80.

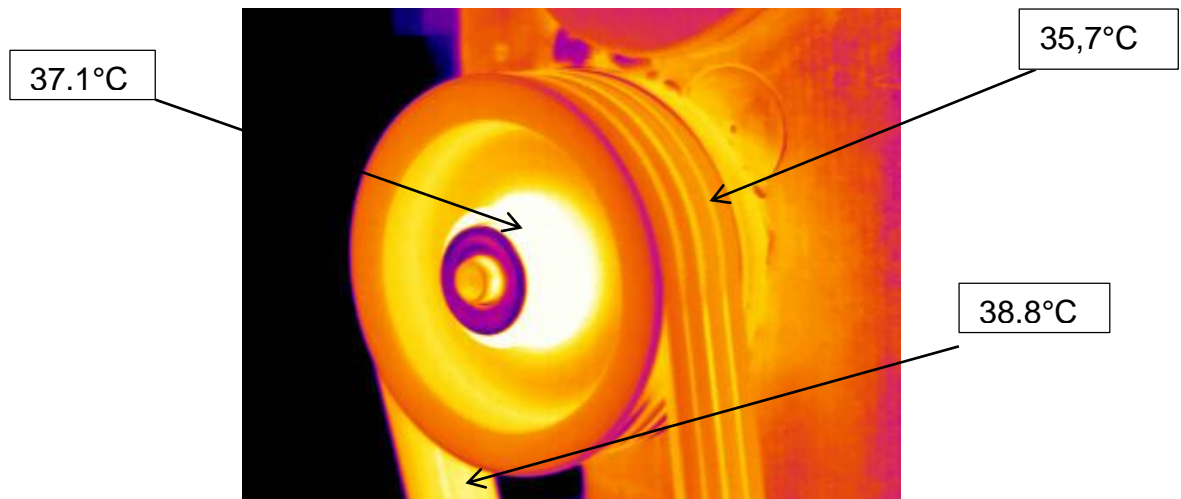
**Figura 15.** Medición a 10 minutos de funcionamiento



**Fuente:** Escuela de Tecnología mecánica Universidad Tecnológica de Pereira.

- Presionar el botón [C] para volver a la imagen termografica.
- Se procede a tomar la cuarta termografia después de 15 minutos de funcionamiento del torno. Se obtiene la termografía de la figura 81.

**Figura 16.** Medición a 15 minutos de funcionamiento



**Fuente:** Escuela de Tecnología mecánica Universidad Tecnológica de Pereira.

Nota: para realizar cualquier medición termografica a cualquier objeto con el equipo THERMO PRO TP8S se deben seguir todos los pasos mencionados anteriormente teniendo en cuenta el valor de emisividad del objeto a medir.

Al presionar el botón [S] para congelar la imagen se pueden hacer múltiples tipos de operaciones para determinar la temperatura en un punto deseado

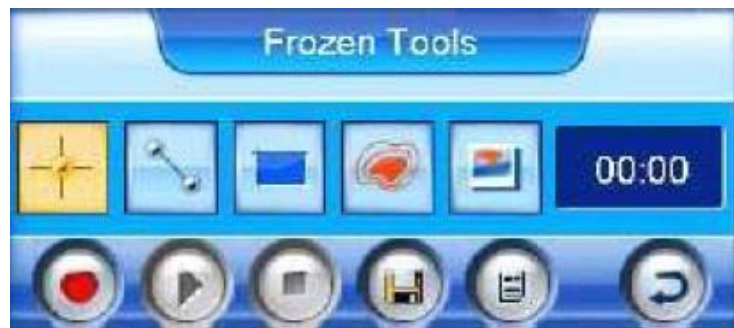
## **ANÁLISIS DE RESULTADOS**

En las termografías tomadas se puede observar que la temperatura de la primera (Figura 77) está a la temperatura ambiente del día en que fue realizada y en las siguientes termografías, se puede observar que van en aumento a medida que pasan los minutos, también se puede observar que las zonas más calientes son la

cara interna de las correas y la manzana de la polea como lo muestran las figuras 79, 80 y 81 debido a la fricción a la que están sometidas.

De manera complementaria presionando el botón [S] para congelar la imagen se pueden hacer múltiples tipos de operaciones para determinar la temperatura en un punto deseado. Haciendo clic en el logotipo de la guía, ubicado en la esquina derecha de la pantalla aparece un recuadro (figura 82) en el que se pueden apreciar análisis por puntos por líneas, por cuadros o isotermas. Un ejemplo de estos análisis se aprecia en las figuras 83, 84, 85 y 86.

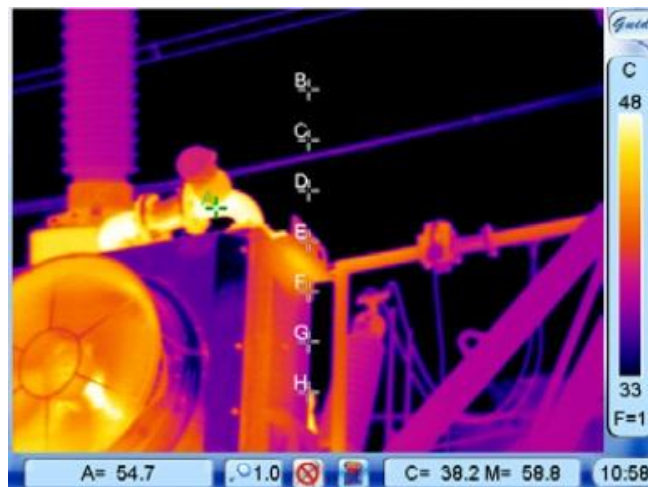
**Figura 17.** Barra de herramientas



**Fuente:** THERMOPRO TP8S. Manual del Usuario. Guía de tecnología Infrarroja. Wuhan Co Ltda. 2006

En el análisis de puntos se selecciona el punto para moverlo, y arrástralo hasta la posición deseada y liberarlo (figura 83)

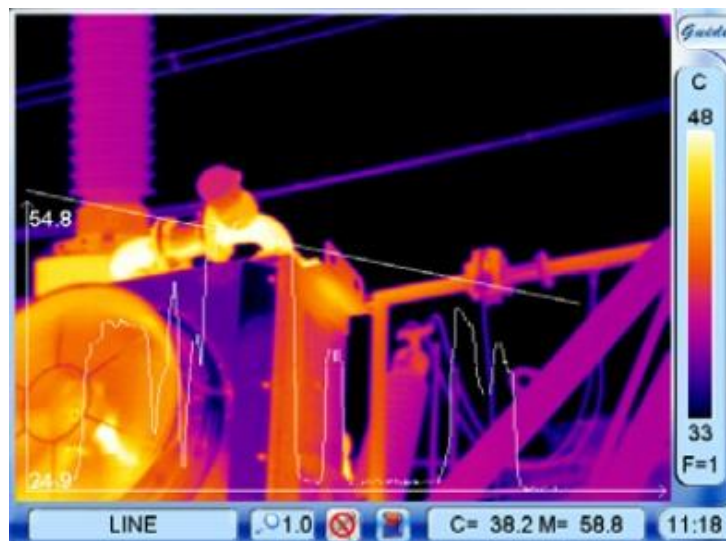
**Figura 18.** Análisis de puntos



**Fuente:** THERMOPRO TP8S. Manual del Usuario. Guía de tecnología Infrarroja. Wuhan Co Ltda. 2006

Se traza una línea arrastrando el cursor a una posición deseada. El sistema está predeterminado para un estilo horizontal. Presionar el botón [S] para cambiar a vertical y viceversa. (Figura 84)

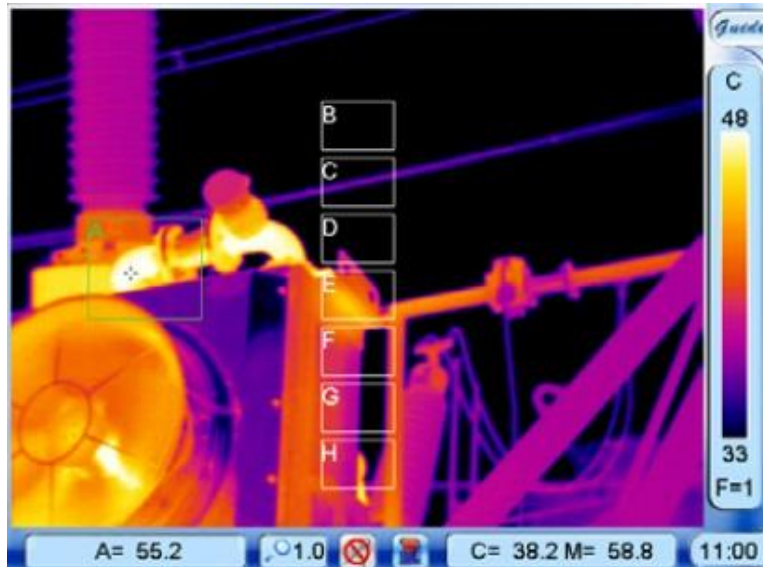
**Figura 19.** Análisis de líneas



**Fuente:** THERMOPRO TP8S. Manual del Usuario. Guía de tecnología Infrarroja. Wuhan Co Ltda. 2006

La temperatura del área seleccionada será el promedio de la mínima y la máxima. Presionar el botón [S] para alternar entre las áreas (figura 85)

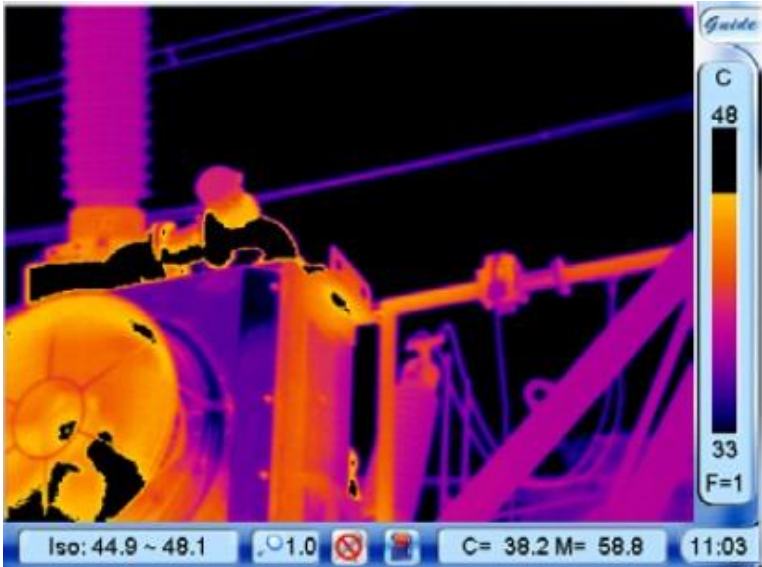
**Figura 20.** Análisis de áreas



**Fuente:** THERMOPRO TP8S. Manual del Usuario. Guía de tecnología Infrarroja. Wuhan Co Ltda. 2006

En el análisis isotérmico se mueve el joystick de arriba a abajo para establecer una temperatura máxima de la banda isotérmica y de izquierda a derecha para establecer una temperatura mínima. (Figura 86)

**Figura 21.** Análisis isotérmico



**Fuente:** THERMOPRO TP8S. Manual del Usuario. Guía de tecnología Infrarroja. Wuhan Co Ltda. 2006

### Anexo 1. Emisividad térmica de materiales comunes

La siguiente tabla ofrece una lista de la emisividad de algunos materiales comunes.

**Tabla 2.** Emisividad de algunos materiales

Valores de emisividad de materiales comunes	
<i>Material</i>	<i>Emisividad</i>
Aluminio, pulido	0,05
Aluminio, superficie rugosa	0,07
Aluminio, muy oxidado	0,25
Placa de amianto	0,96
Tela de amianto	0,78
Papel de amianto	0,94
Pizarra de amianto	0,96
Latón, mate, deslustrado	0,22
Latón, pulido	0,03
Ladrillo, común	0,85
Ladrillo, vidriado, basto	0,85
Ladrillo, refractario, basto	0,94
Bronce, poroso, basto	0,55
Bronce, pulido	0,1
Carbono, purificado	0,8
Hierro fundido, fundición esbozada	0,81
Hierro fundido, pulido	0,21
Carbón, en polvo	0,96
Cromo, pulido	0,1
Arcilla, cocida	0,91
Hormigón	0,54
Cobre, pulido,	0,01



Cobre, bruñido comercial	0,07
Cobre, oxidado	0,65
Cobre, negro oxidado	0,88
Cinta aislante, plástico negro	0,95
Esmalte **	0,9
Formica	0,93
Terreno congelado	0,93
Vidrio	0,92
Vidrio, escarchado	0,96
Oro, pulido	0,02
Hielo	0,97
Hierro, laminado en caliente	0,77
Hierro, oxidado	0,74
Hierro, chapa galvanizada, bruñido	0,23
Hierro, chapa, galvanizado, oxidado	0,28
Hierro, brillante, grabado	0,16
Hierro, forjado, pulido	0,28
Barniz, Bakelita	0,93
Barniz, negro, mate	0,97
Barniz, negro, brillante	0,87
Barniz, blanco	0,87
Hollín	0,96
Plomo, gris	0,28
Plomo, oxidado	0,63
Plomo, rojo, en polvo	0,93
Plomo, brillante	0,08
Mercurio, puro	0,1
Níquel, en hierro fundido	0,05
Níquel, puro pulido	0,05

Pintura, acabado en plata**	0,3
Pintura, óleo, media	0,94
Papel, negro, brillante	0,9
Papel, negro, mate	0,94
Papel, blanco	0,9
Platino, puro, pulido	0,08
Porcelana, vidriada	0,92
Cuarzo	0,93
Goma	0,93
Laca, negra, mate	0,91
Laca, negra, brillante	0,82
Nieve	0,8
Acero, galvanizado	0,28
Acero, muy oxidado	0,88
Acero, recién laminado	0,24
Acero, superficie rugosa	0,96
Acero, rojo oxidado	0,69
Acero, chapa, niquelado	0,11
Acero, chapa, laminado	0,56
Papel de alquitrán	0,92
Estaño, bruñido	0,05
Tungsteno	0,05
Agua	0,98
Cinc, chapa	0,2

**Fuente:** ISOTEST. Instrumentación electrónica y metrología.