

APLICACIONES DE LA TERMOGRAFIA PARA LOS ARQUITECTOS TÉCNICOS



Luis Miguel Soler Carbó

¿PARA QUE NOS ES ÚTIL LA TERMOGRAFÍA?

OBRA NUEVA

**REHABILITACIÓN
ENERGETICA**

AUDITORIAS ENERGÉTICAS

MANTENIMIENTO EDIFICIOS

**INFORMES CERTIFICACIÓN
ENERGÉTICA**

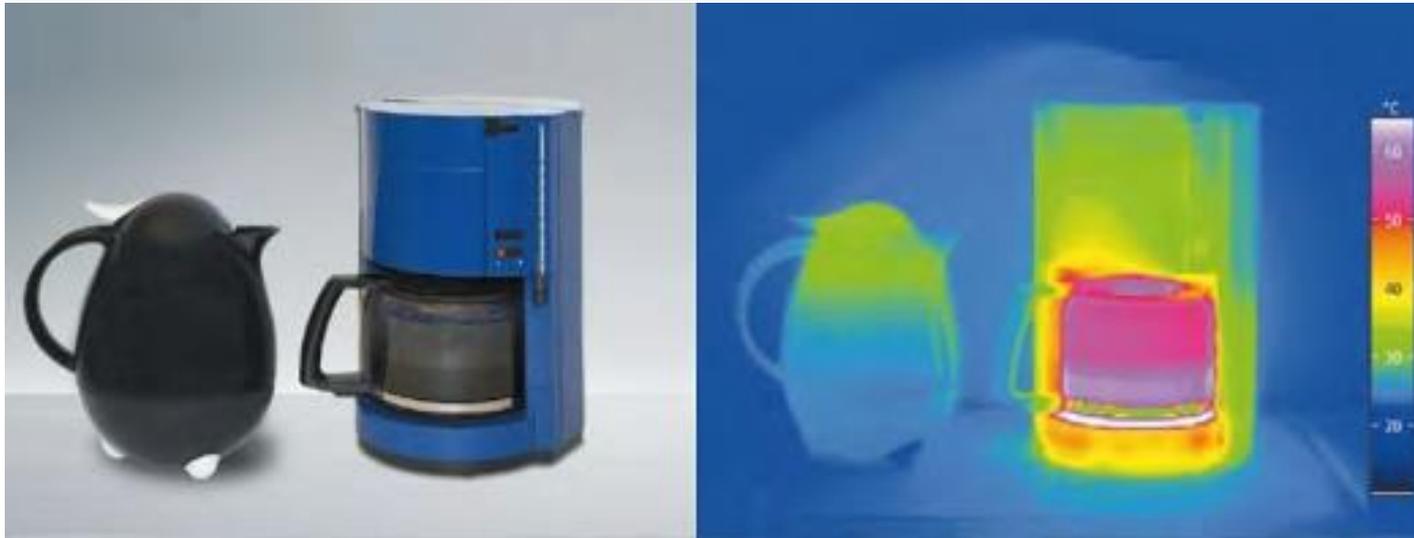
INFORMES TÉCNICOS

En el ámbito de la edificación una inspección termográfica permite:

- Localización de **fugas térmicas**.
- Detección de **defectos de construcción**.
- Inspección de los **procedimientos de secado**.
- Detección **humedades de condensación**.
- Detección de **fugas de aire**.
- Detección de defectos **en paneles solares**.
- Prevención anticipada de enmohecimientos.
- Homologación Passive House.

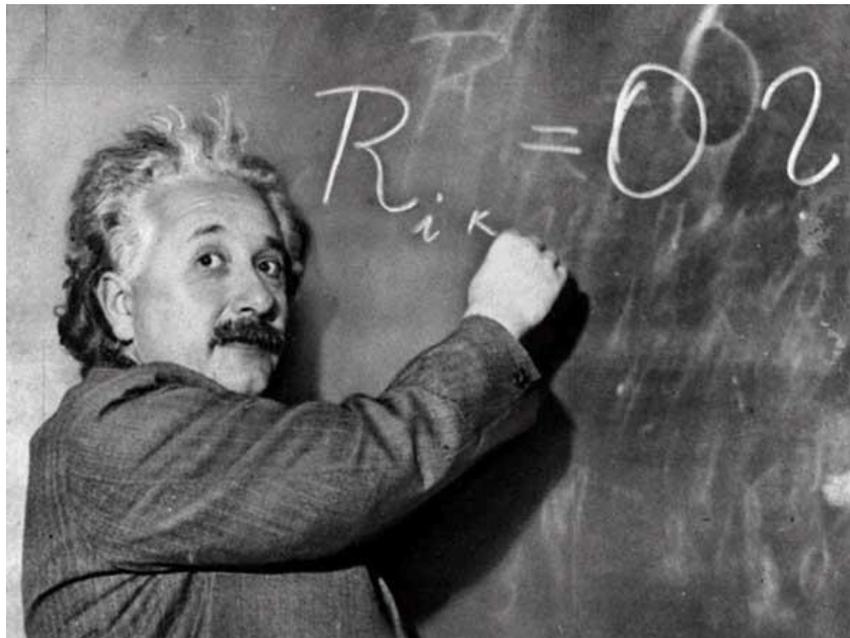
¿QUE ES LA TERMOGRAFÍA?

La termografía es una técnica que permite medir temperaturas a distancia y sin necesidad de contacto físico con el objeto a estudiar. Mediante la captación de la radiación infrarroja del espectro electromagnético. Utilizando cámaras termográficas podremos convertir la energía radiada en información sobre temperatura.



PRINCIPIO DE LA TERMOGRAFIA

Cualquier objeto cuya temperatura sea superior al cero absoluto (0 Kelvin = -273.15 °C) emite radiación infrarroja, invisible al ojo humano



¿COMO FUNCIONA?

Emisión+ reflexión+ transmisión=
TEMPERATURA

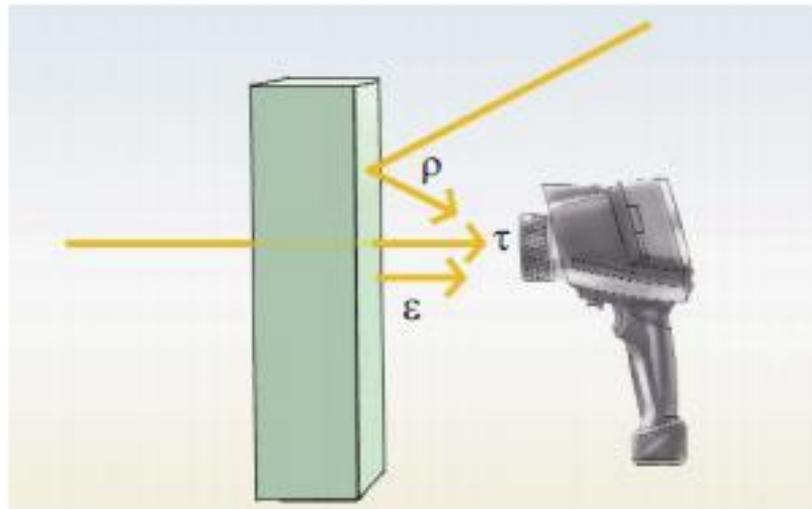
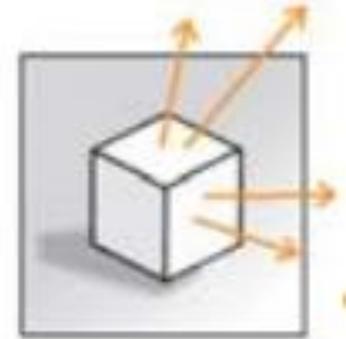


Ilustración 1.1: Emisión, reflexión y transmisión

EMISIVIDAD

La emisividad (ϵ) es la medida de la capacidad de un material de emitir (propagar) radiación infrarroja.

- $\epsilon = 1$ radiación de **un cuerpo negro**
- Cuerpos reales: $\epsilon < 1$. Muchos **materiales no metálicos** (p.ej. PVC, hormigón, sustancias orgánicas) tienen una elevada emisividad en el rango infrarrojo de onda larga que no depende de la temperatura ($\epsilon \approx 0.8$ a 0.95).
- Los metales, sobre todo aquellos con una superficie brillante, tienen una baja emisividad que fluctúa con la temperatura.
- **La ϵ se debe configurar manualmente en la cámara.**



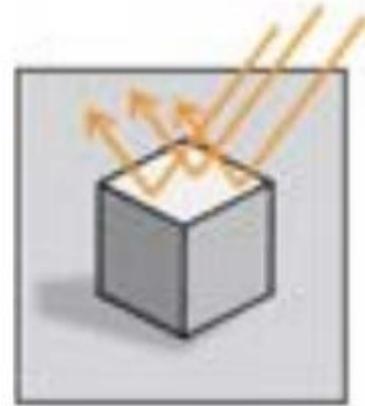
REFLEXION

- Reflexión (ρ)

La reflexión (ρ) es la medida de la capacidad de un objeto de reflejar la radiación infrarroja.

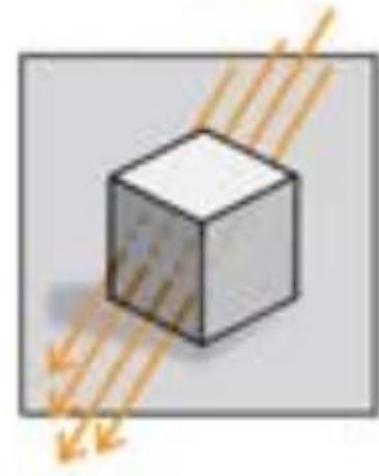
Las superficies pulidas reflejan mucho más que las irregulares y sin pulir del mismo material.

La temperatura de la radiación reflejada se puede configurar manualmente en la cámara termográfica (RTC).



TRANSMISION

- Transmisión (τ)
- La transmisión (τ) es la medida de la capacidad de un material de transmitir (permitir el paso) de la radiación infrarroja.



- La radiación infrarroja registrada por la cámara termográfica consiste en:
- La radiación emitida por el objeto medido;
- La reflexión de la radiación ambiente y La transmisión de radiación del objeto medido.

El resultado de la suma de estos factores es siempre 1 (100%):

$$\varepsilon + \rho + \tau = 1$$

Dado que en la práctica la transmisión juega un papel inapreciable, la variable τ se omite en la fórmula

$$\varepsilon + \rho + \tau = 1$$

que se simplifica a

$$\varepsilon + \rho = 1.$$

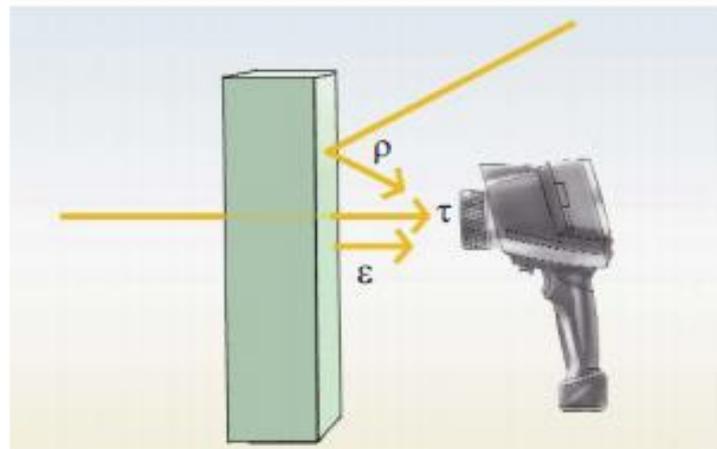


Ilustración 1.1: Emisión, reflexión y transmisión

Termografía práctica

Correlación entre emisión y reflexión

1. La medición de objetos con **emisividad elevada** ($\varepsilon \geq 0.8$):

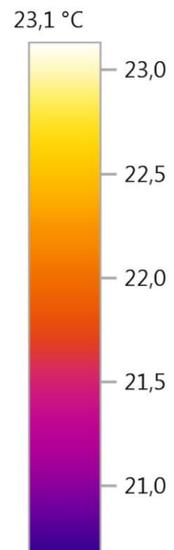
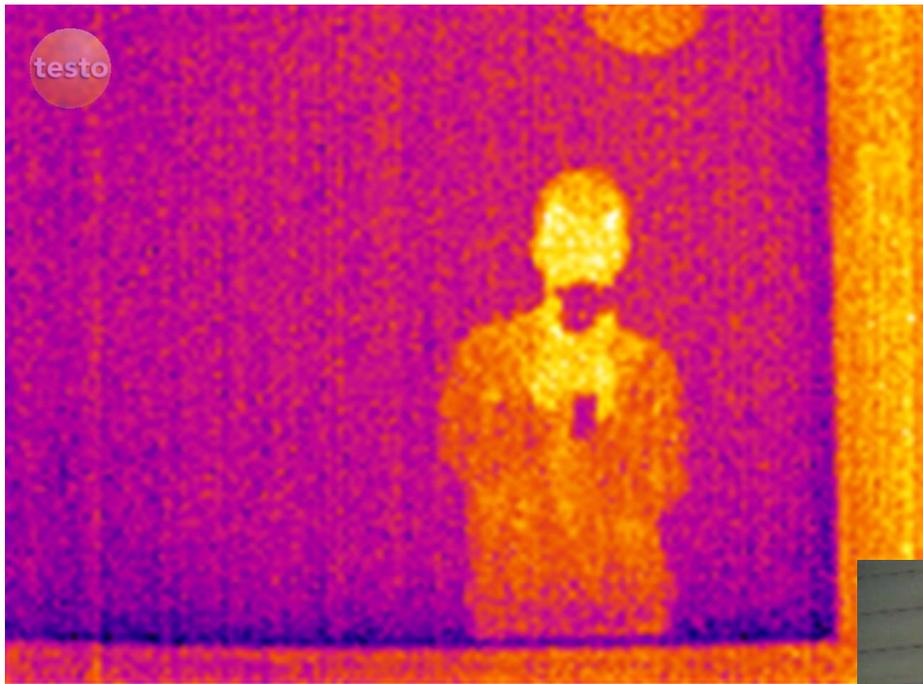
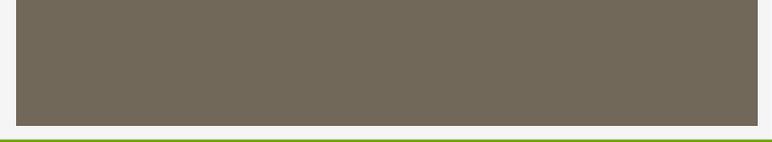
- presenta un nivel de **reflexión bajo** (ρ): $\rho = 1 - \varepsilon$.
- Se puede medir su temperatura muy fácilmente con la cámara termográfica.

2. La medición de objetos con **emisividad media** ($0.6 < \varepsilon < 0.8$):

- Presenta un nivel de **reflexión medio** (ρ): $\rho = 1 - \varepsilon$.
- Se puede medir su temperatura fácilmente con la cámara termográfica.

3. La medición de objetos con **emisividad baja** ($\varepsilon \leq 0.6$)

- Presenta un nivel de **reflexión alto** (ρ): $\rho = 1 - \varepsilon$.
- Se puede medir su temperatura con la cámara termográfica, pero los resultados se deben valorar muy cuidadosamente.
- **Es primordial ajustar la compensación de la temperatura reflejada (RTC) de forma correcta, puesto que es un factor de vital importancia para el cálculo de la temperatura.**



Termografía práctica: CALCULO EMISIVIDAD

Para determinar la emisividad de la superficie de un objeto de medición Vd. puede, por ejemplo:

- Consultar una tabla de emisividad (SON ORIENTATIVOS)

Material	Temperatura	ϵ
Aluminio, laminado brillante	170 °C	0,04
Asbestos	20 °C	0,96
Asfalto	20 °C	0,93
Algodón	20 °C	0,77
Hormigón	25 °C	0,93
Plomo, gris oxidado	20 °C	0,28
Plomo, muy oxidado	20 °C	0,28
Techo de fieltro	20 °C	0,93
Hielo, brillante	0 °C	0,97
Hielo, irregular	0 °C	0,99
Hierro, esmerilado	20 °C	0,24
Hierro brillante -grabado	150 °C	0,13
Hierro con cuero	100 °C	0,80
Hierro con láminas de cuero	20 °C	0,77
Hierro ligeramente oxidado	20 °C	0,61
Hierro muy oxidado	20 °C	0,85
Tierra cultivada arada	20 °C	0,38
Tierra, arcilla negra	20 °C	0,66
Tejas	25 °C	0,93
Yeso	20 °C	0,90
Vidrio	90 °C	0,94
Oro, pulido	130 °C	0,02
Caucho duro	23 °C	0,94
Caucho gris blanco	23 °C	0,86
Madera	70 °C	0,94
Guljarro	90 °C	0,95
Corcho	20 °C	0,70
Esmeril rojo (desigual)	80 °C	0,86
Cámara calor, negra anodizada	50 °C	0,98
Cobre, ligeramente mate	20 °C	0,04
Cobre, oxidado	130 °C	0,76
Cobre, pulido	20 °C	0,03
Cobre, negro oxidado	20 °C	0,78
Plásticos (PE,PP, PVC)	20 °C	0,94
Hojas	20 °C	0,84
Mármol, blanco	20 °C	0,95
Recubrimiento de minio pintura	100 °C	0,93
Latón, oxidado	200 °C	0,61
NATO-verde	50 °C	0,85
Papel	20 °C	0,97
Porcelana	20 °C	0,92
Pizarra	25 °C	0,95
Pintura negra (mate)	80 °C	0,97
Seda	20 °C	0,78
Plata	20 °C	0,02
Acero (superficie tratamiento calor)	200 °C	0,52
Acero oxidado	200 °C	0,79
Arcilla, cocida	70 °C	0,91
Pintura transformadora	70 °C	0,94
Agua	36 °C	0,67
Ladrillo, mortero, yeso	20 °C	0,93
Zinc blanco (pintura)	20 °C	0,95

Termografía práctica: CALCULO EMISIVIDAD

Determinar la emisividad mediante una medición de referencia con un termómetro de contacto



Mida la temperatura de la superficie del objeto medido con un termómetro de contacto (p.ej. A continuación, mida la temperatura de la superficie con la cámara termográfica y un ajuste de emisividad a 1. La diferencia entre ambos valores es el resultado de la emisividad configurada demasiado alta.

Reduzca gradualmente el ajuste de emisividad hasta que ambos valores coincidan. Cuando esto se cumpla, el ajuste de emisividad corresponderá a la emisividad de la superficie del objeto medido.

Termografía práctica: CALCULO EMISIVIDAD

Mediante una cámara termográfica



Primero enganche un trozo de cinta adhesiva de emisividad (al objeto a medir. Después de un rato, mida la temperatura del área con la cinta con la cámara termográfica y la emisividad ajustada a la de la cinta. La temperatura medida es el valor de referencia.

A continuación ajustar la emisividad hasta que la cámara mida la misma temperatura en cualquier zona sin la cinta que el valor de referencia. El valor de emisividad ajustado corresponde a la emisividad de la superficie del objeto medido

Termografía práctica: CALCULO RTC



- Medición temperatura Ambiente con termómetro
- Medición de la temperatura reflejada con un (improvisado) radiador Lambert.
Situarse el papel cerca de la superficie del objeto a medir. A continuación mida la temperatura del radiador con la **emisividad ajustada a 1**. La cámara calcula la temperatura de la radiación incidente. Vd. puede tomar este valor como el ajuste de RTC en su cámara y medir la temperatura del objeto con la emisividad ajustada a la superficie del mismo.

TERMOGRAFIA
¿CUALITATIVA
O CUANTITATIVA?

ERRORES TÍPICOS EN EL USO

- Ajuste incorrecto de la **emisividad**
- Ajuste incorrecto de la **RTC**
- Imagen **térmica borrosa** Enfocar la cámara en el momento de tomar la imagen, ya que la nitidez no se puede modificar con posterioridad.
- **Distancia** de medición demasiado corta o larga
- Efectos de fuentes externas de radiación (p.ej. Luces incandescentes, el sol, calefactores, etc.)
- **Mala interpretación de la imagen** térmica por falta de conocimiento acerca de la forma del objeto a medir. Siempre que sea posible, use también imágenes reales (fotos) para interpretar las imágenes térmicas.

FACTORES QUE INFLUYEN

- **Nubes**

Las condiciones ideales para la medición en exteriores se dan en un día nublado

- **Lluvia**

Puede distorsionar la imagen

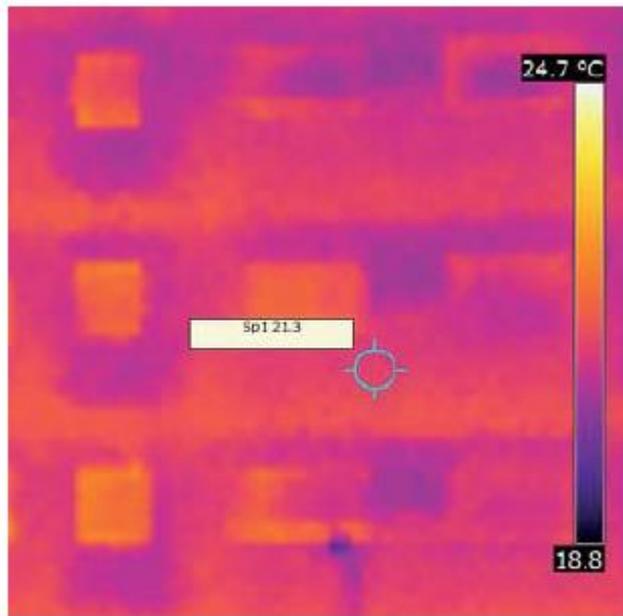
- **Temperatura**

Diferencia de temperatura + 7 grados y temperatura estable la ultima semana.

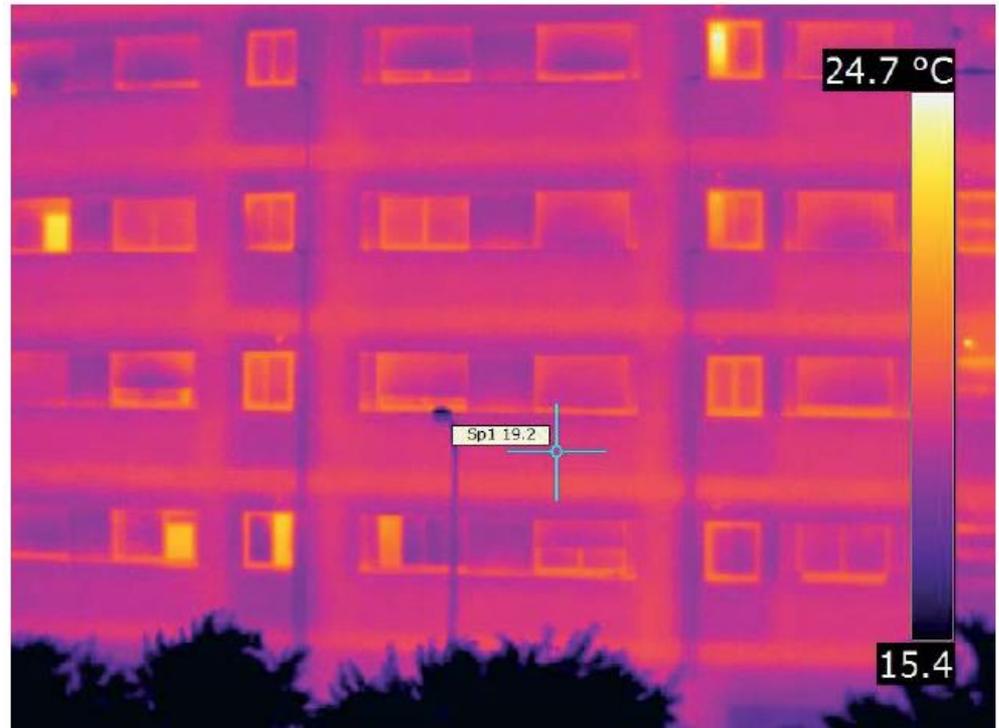
- **Sol**

Evitar la influencia del sol sobre las fachadas

RESOLUCIÓN DE LA CÁMARA



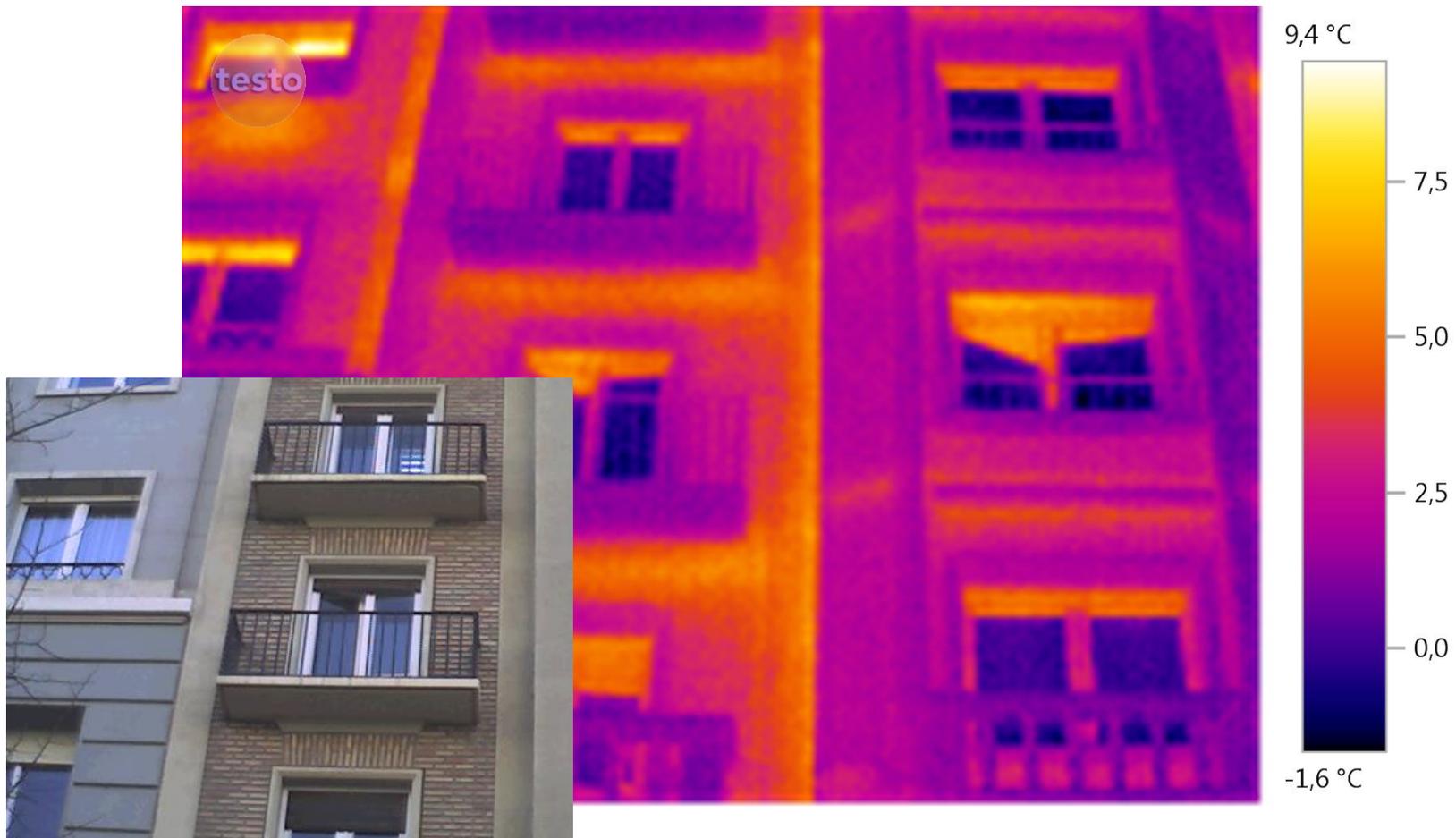
160 x 120



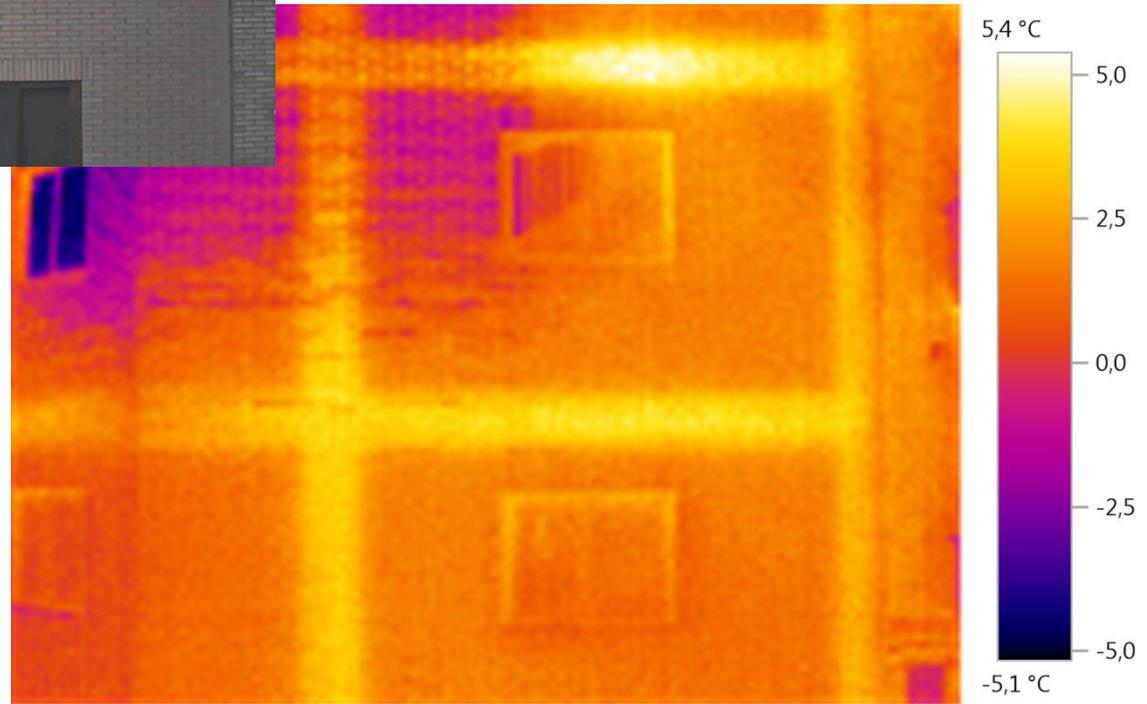
320 x 240

1024 x 768

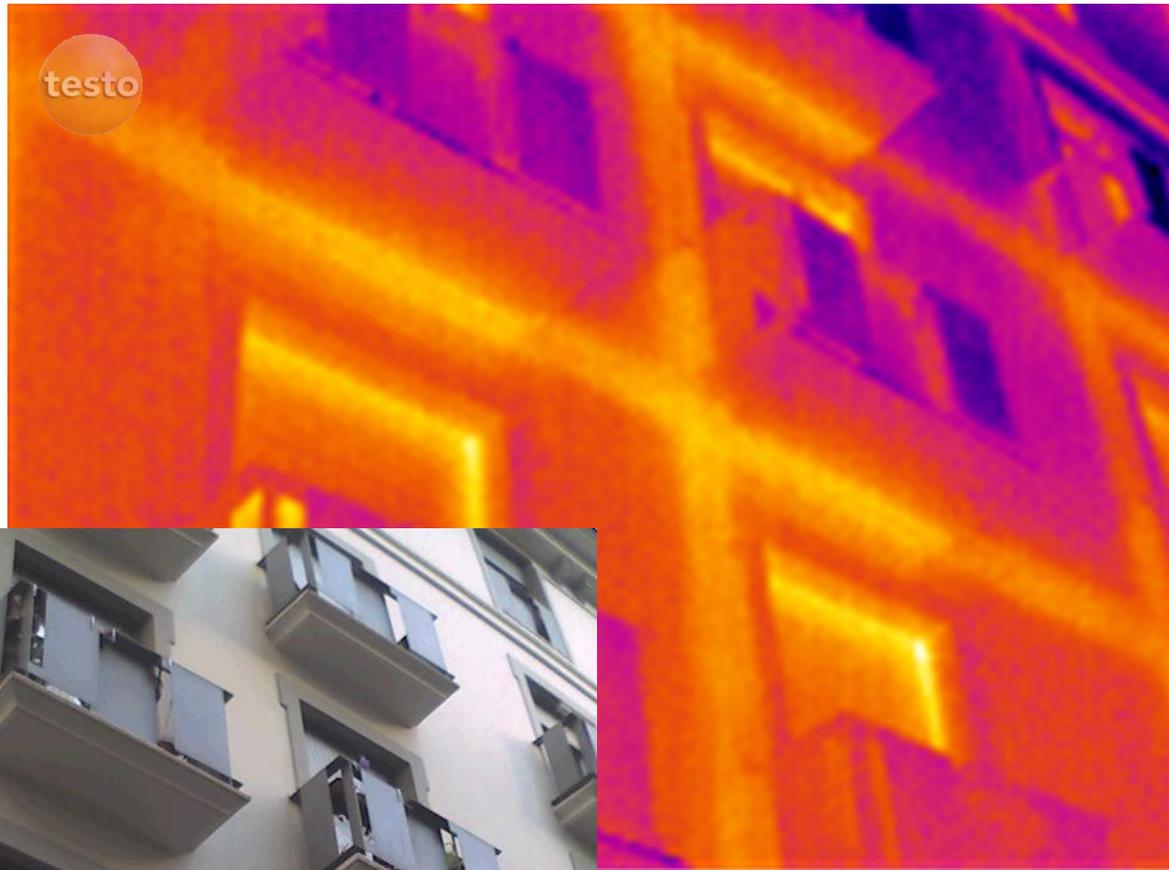
PODEMOS ENTENDER EL EDIFICIO MEJOR POR EL EXTERIOR



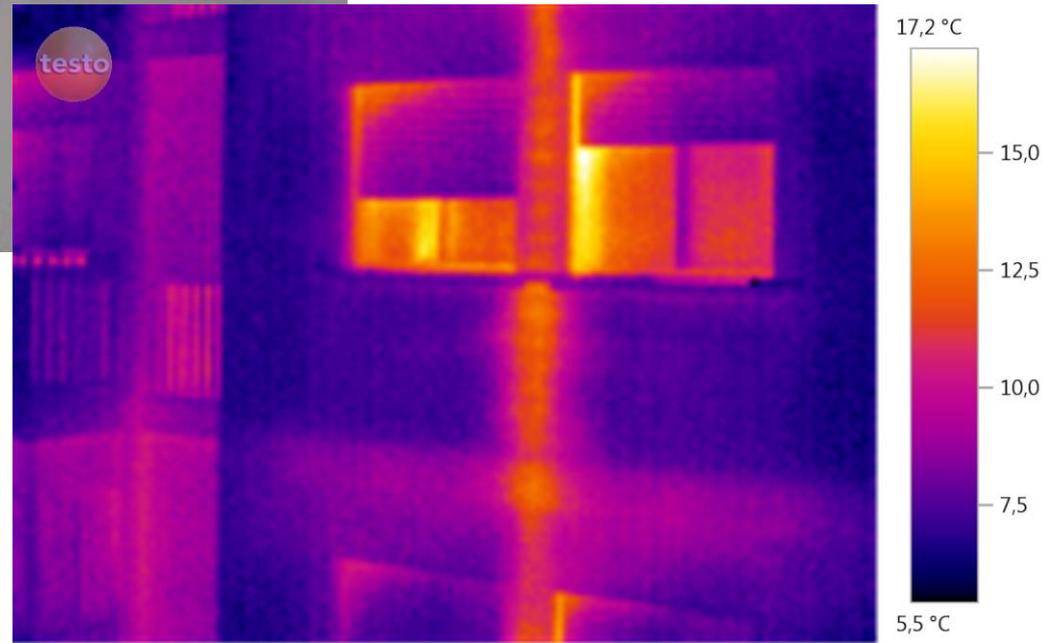
REHABILITACIÓN



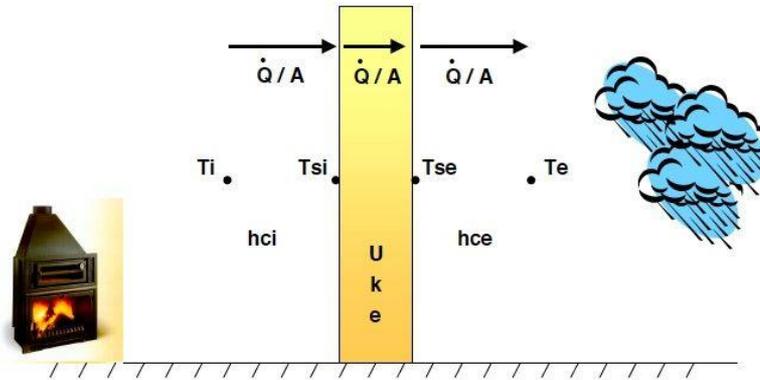
REHABILITACIÓN



REHABILITACIÓN



ESTIMACIÓN TRANSMITANCIA



Q/A : Flujo de calor por unidad de área en [W/m²]
 e : espesor de la pared en [m]
 k : conductividad térmica en [W/mK]
 h_{ci} : coef. convección interior en [W/m²K]
 h_{ce} : coef. convección exterior en [W/m²K]

T_i : temperatura ambiente interior en [°C]
 T_{si} : temperatura superficie interior en [°C]
 T_e : temperatura ambiente exterior en [°C]
 T_i : temperatura ambiente interior en [°C]
 U : Coef. global de transmisión en [W/m²K]

$$U = \frac{(T_{se} - T_e) H_{ce}}{(T_i - T_e)}$$

Flujo de calor ambiente - pared

$$Q/A = (T_i - T_{si}) H_{ci}$$

$$Q/A = (T_{se} - T_e) H_{ce}$$

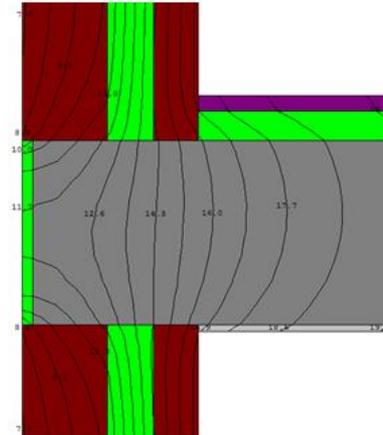
Flujo a través de una pared

$$Q/A = U(T_i - T_e)$$

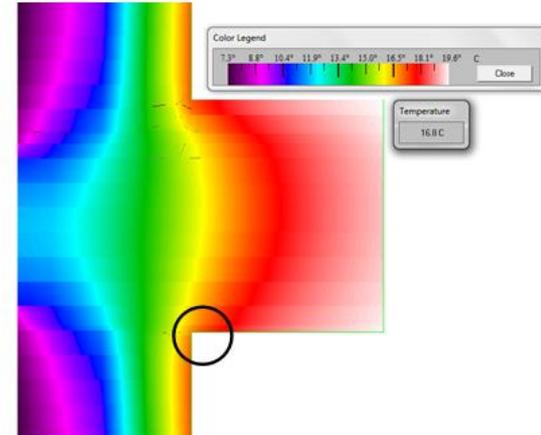
$$U = \frac{(T_{se} - T_e) H_{ce}}{(T_i - T_e)}$$

INSPECCIÓN PUENTES TERMICOS

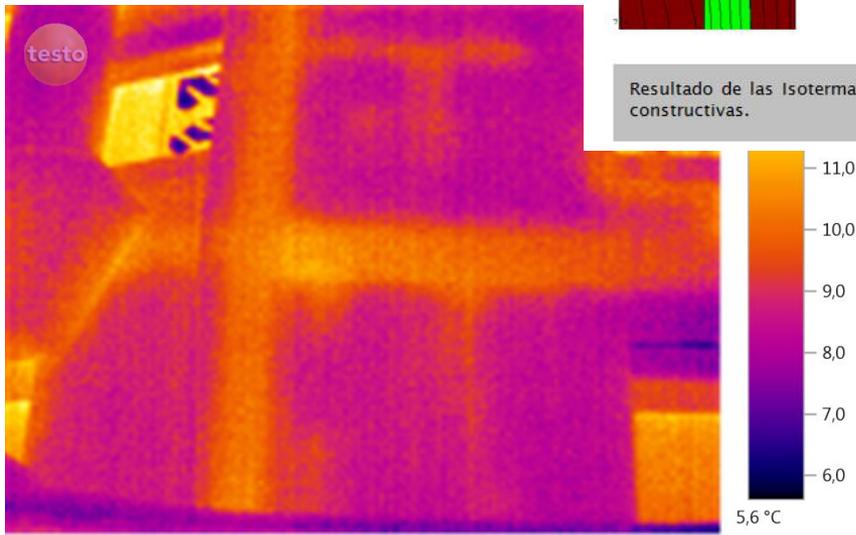
Localidad		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Zaragoza	T _{med}	6,2	8,0	10,3	12,8	16,8	21,0	24,3	23,8	20,7	15,4	9,7	6,5
	HR _{med}	76	69	60	59	55	52	48	54	61	70	75	77



Resultado de las Isotermas de la sección constructivas.



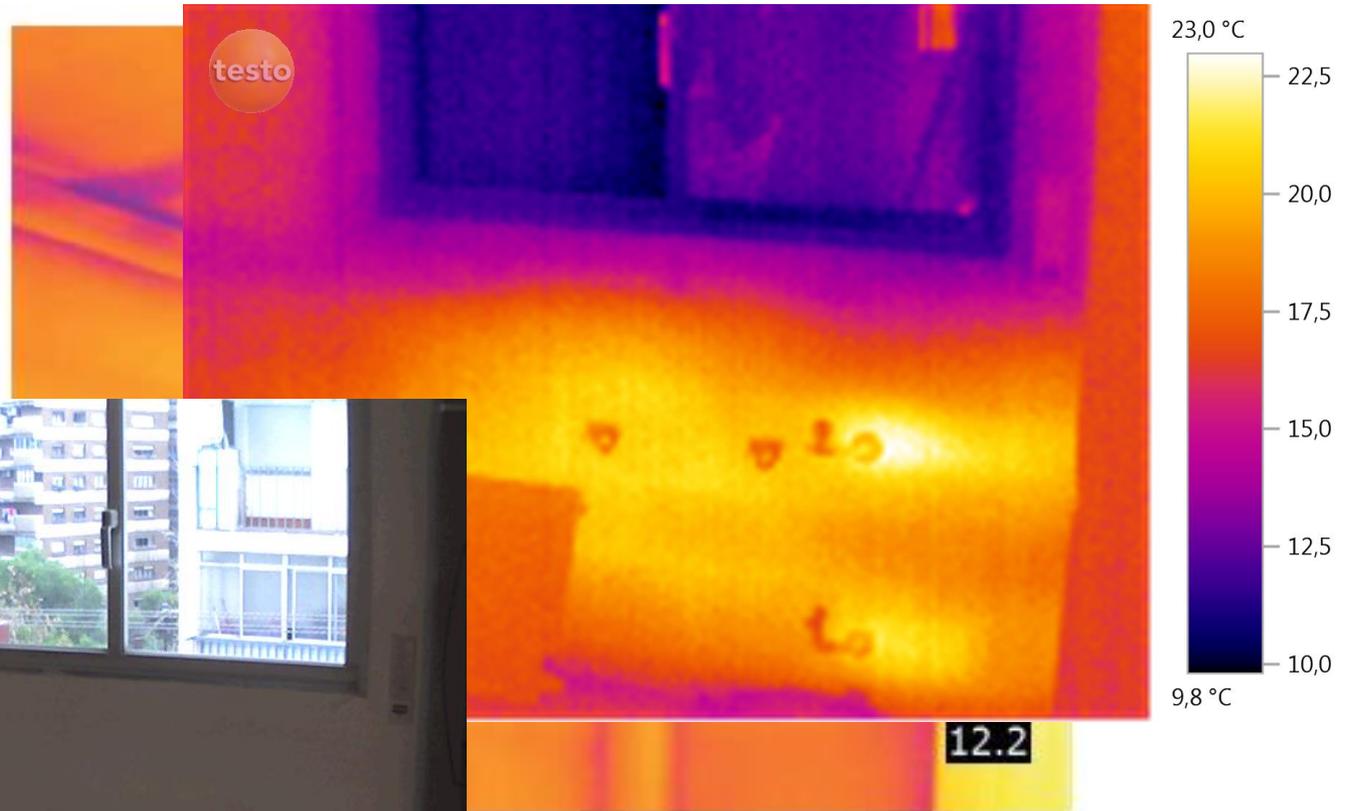
Resultado de las temperaturas de la sección constructiva.



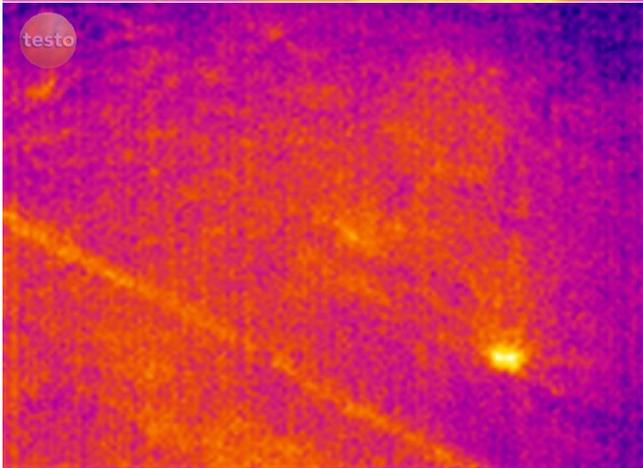
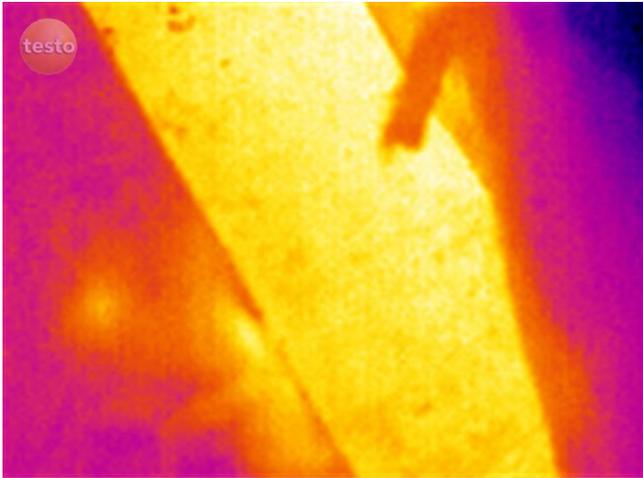
SUBVENCIONES,
AYUDAS MEJORA
LETRA CALIFICACION

PODEMOS ENTENDER EL EDIFICIO
MEJOR

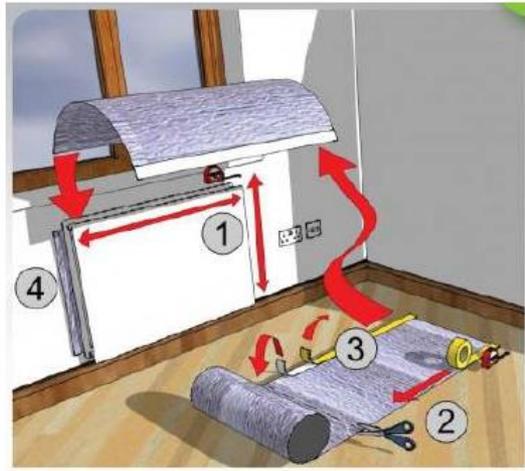
POR EL INTERIOR



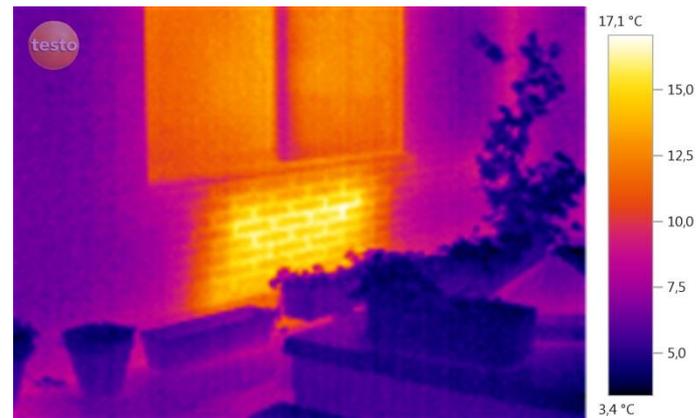
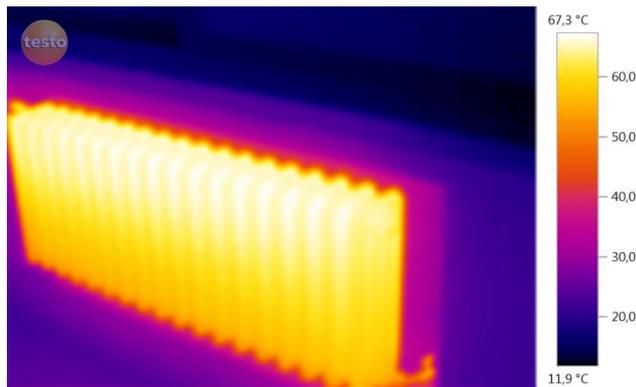
AUDITORIA/REHABILITACIÓN



PROPUESTA MEJORAS



COSTE :40 € / RADIADOR
AMORTIZACIÓN :2,5
AÑOS

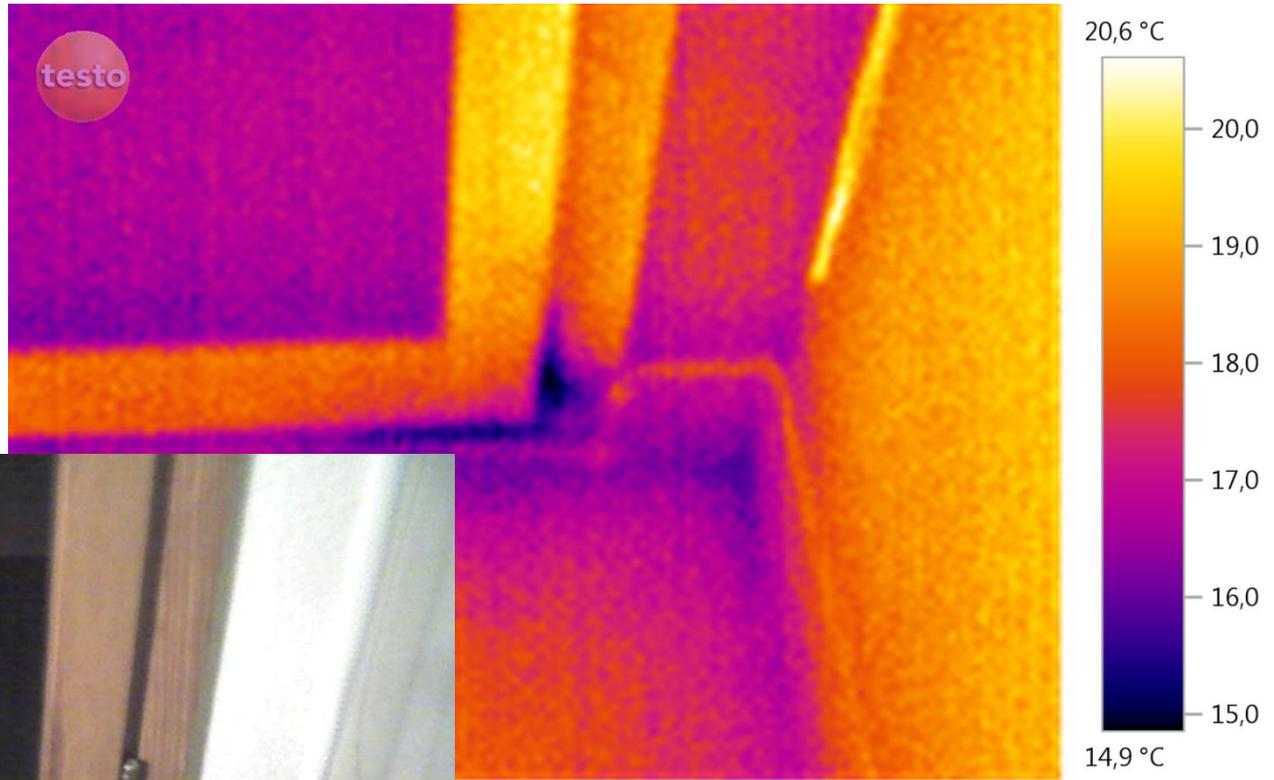


6° C DE DIFERENCIA GENERA UNA PERDIDA 9%

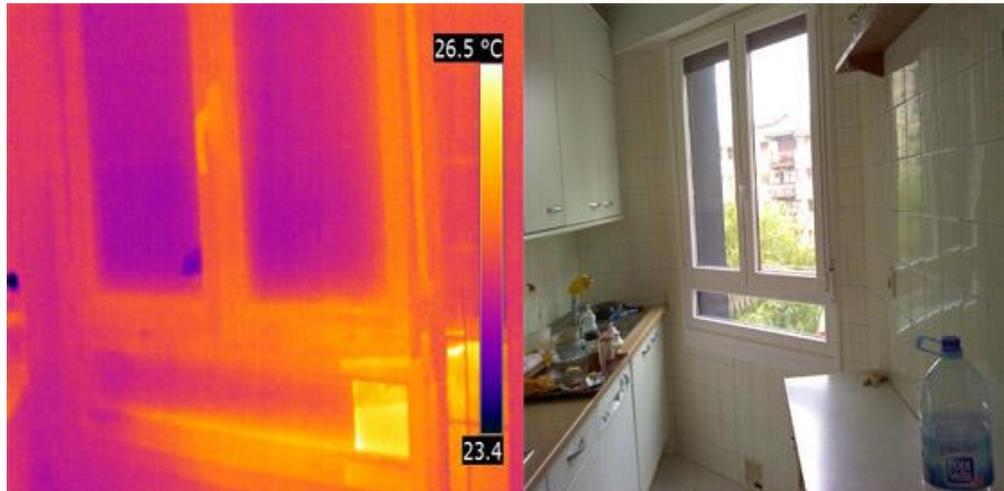
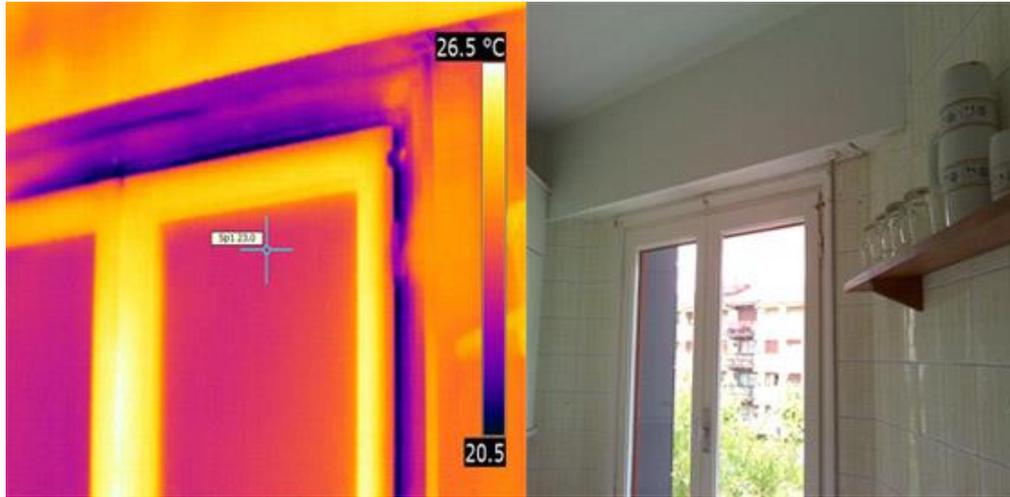
INYECCIÓN CÁMARA POLIURETANO



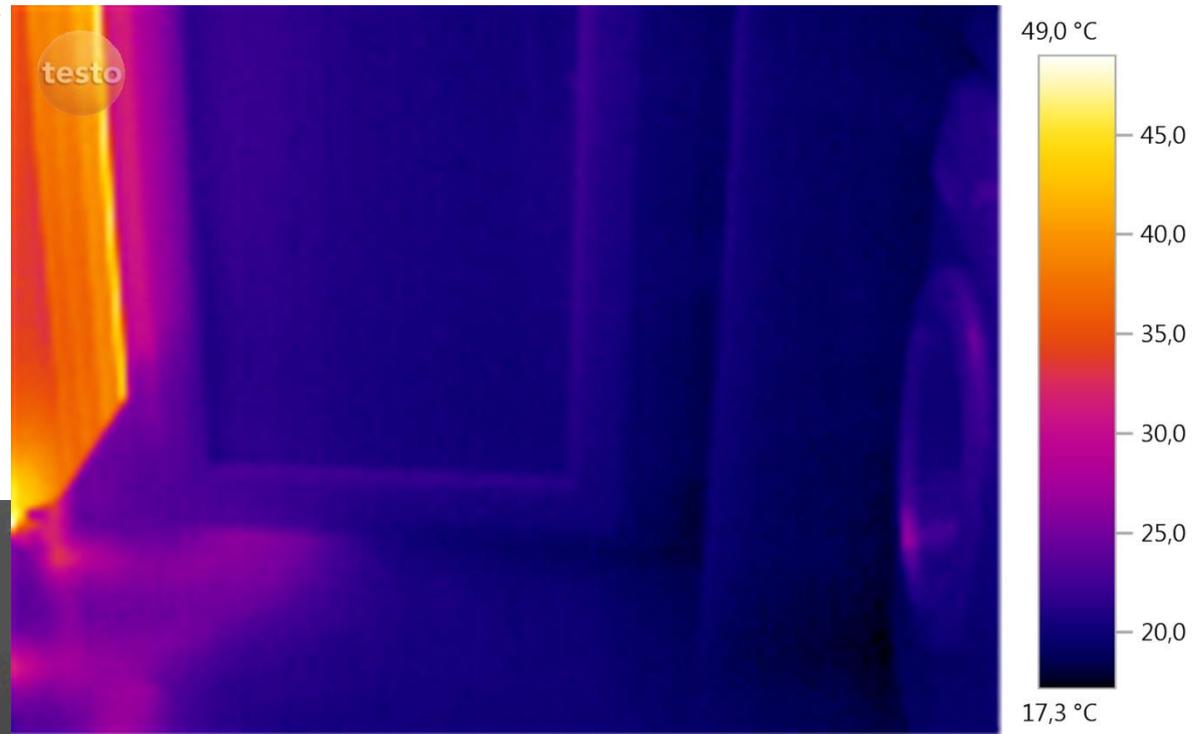
FILTRACIONES DE AIRE



FILTRACIONES DE AIRE



PROPUESTA MEJORAS



DETECCION DE HUMEDADES

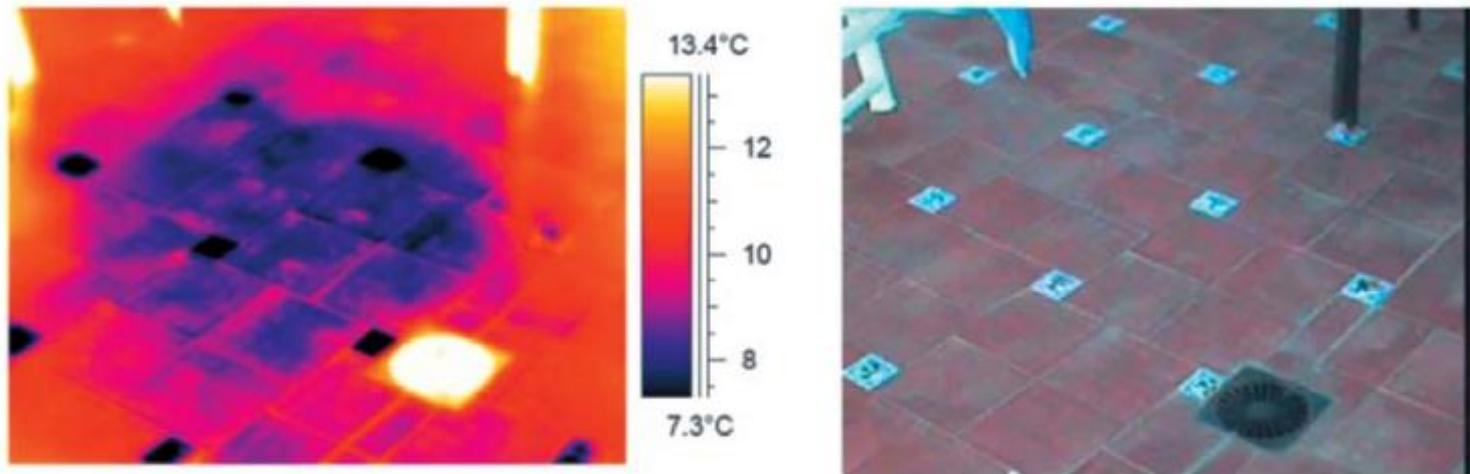
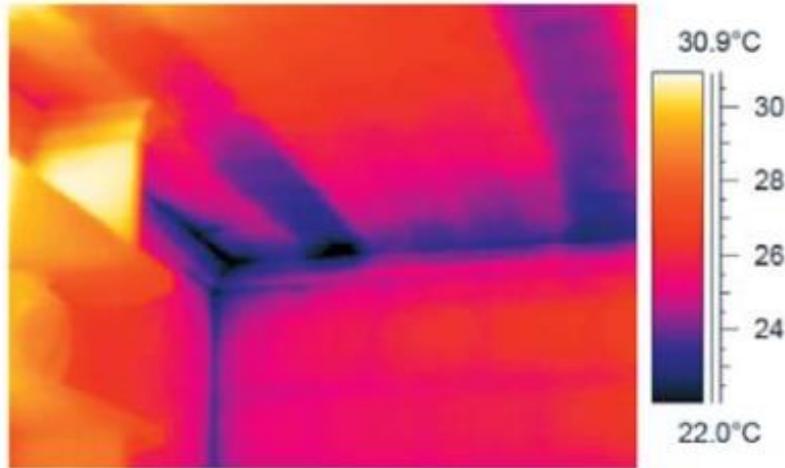
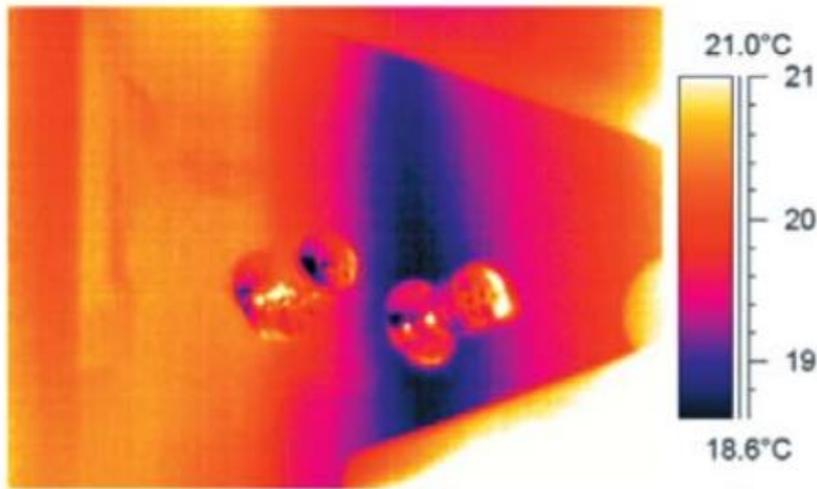


Figura 3. Zona fría en una cubierta plana, presumiblemente causada por infiltración de agua inmediatamente debajo del desagüe.

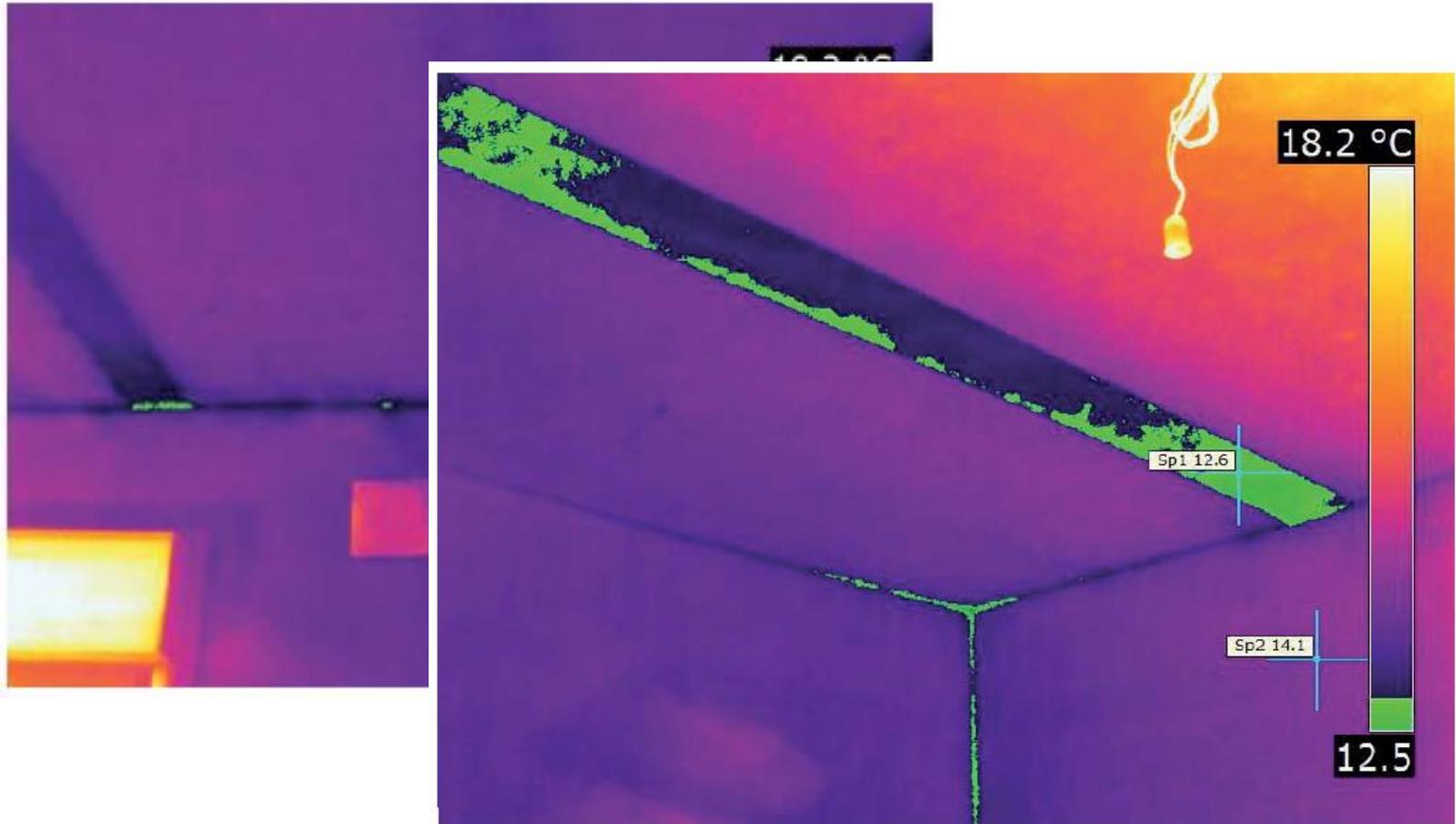
DETECCION HUMEDADES



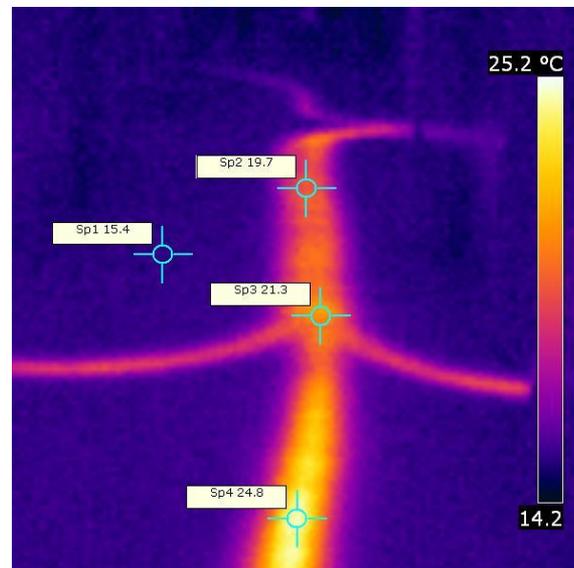
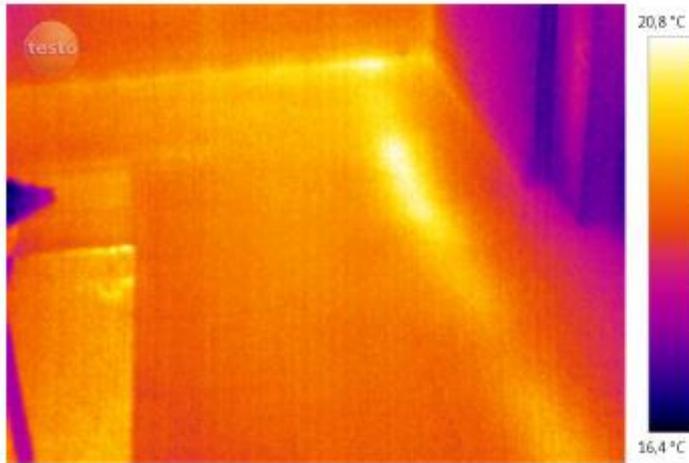
DETECCION DE FUGAS DE AGUA (INTERIOR)



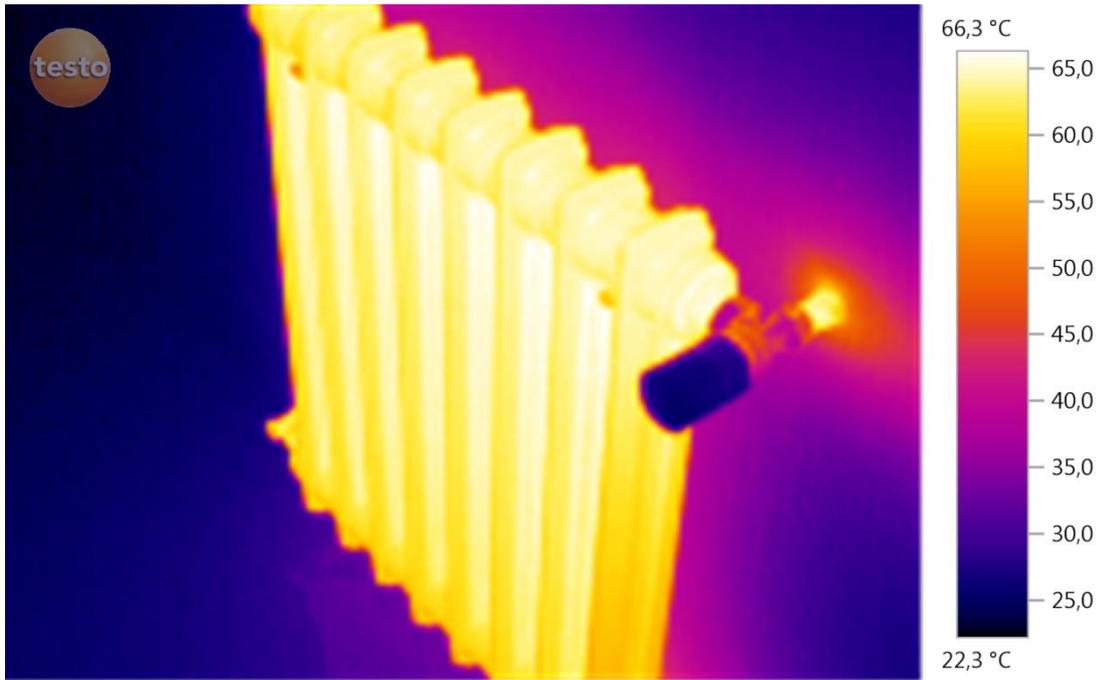
DETECCION DE CONDENSACIONES



OBRA NUEVA



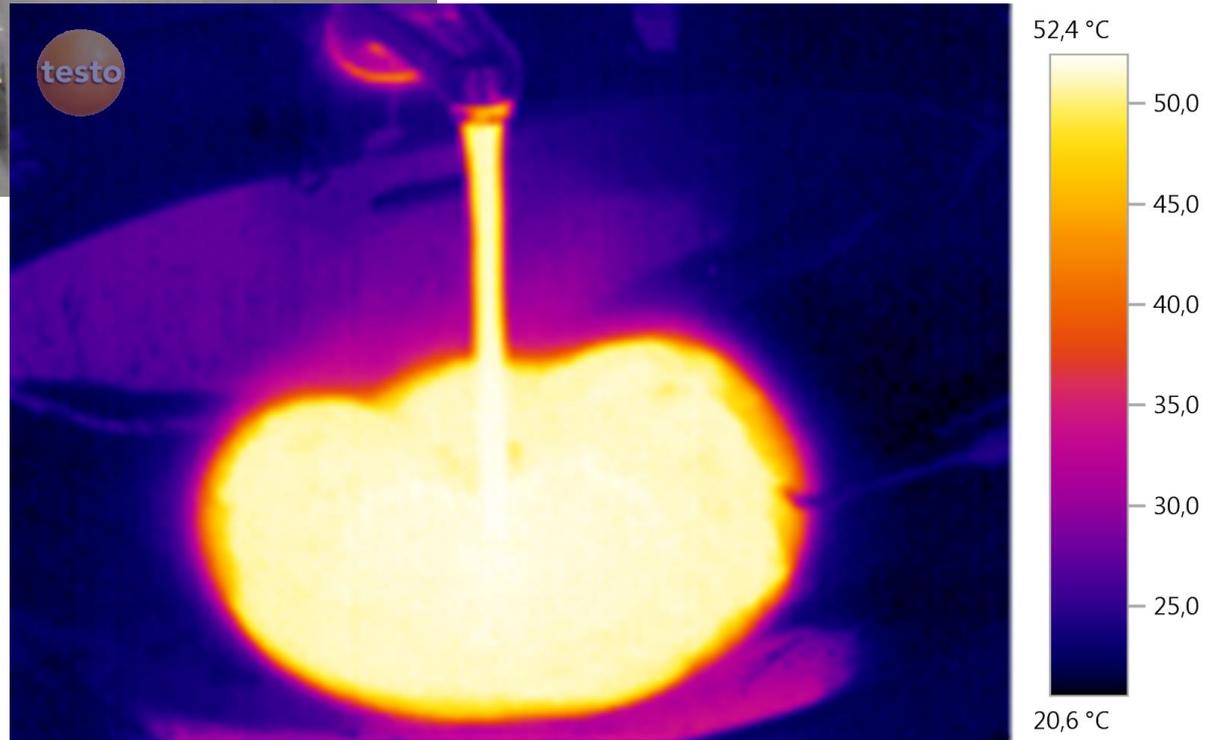
CONOCER LAS PERDIDAS DE CARGA QUE TIENE LA INSTALACION



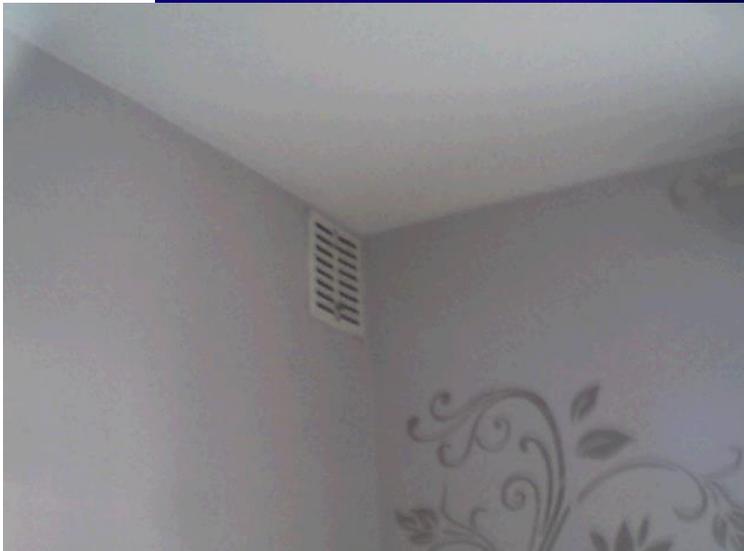
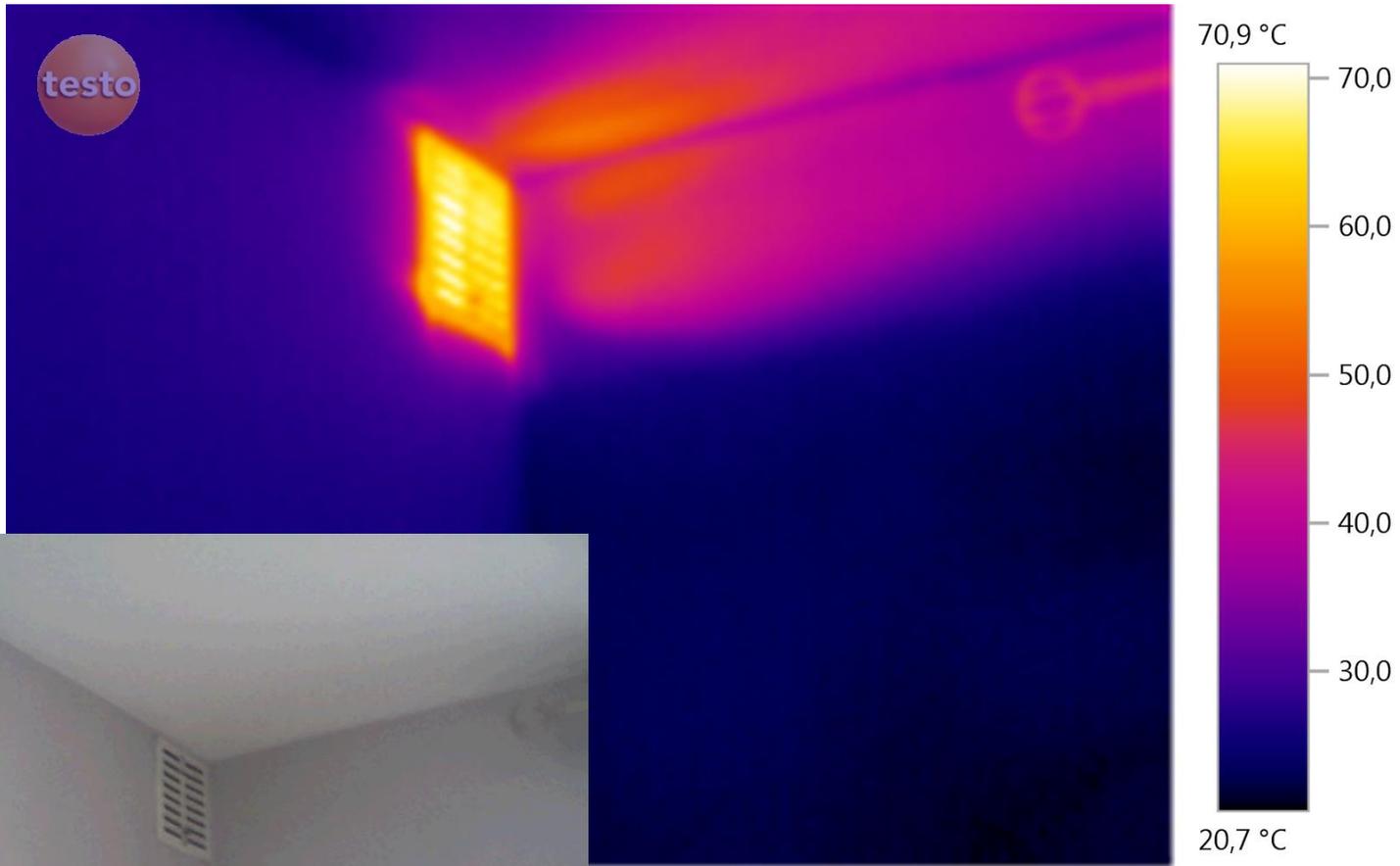
INSTALACIONES



CONOCER A QUE
TEMPERATURA
LLEGA EL AGUA



INSTALACIONES

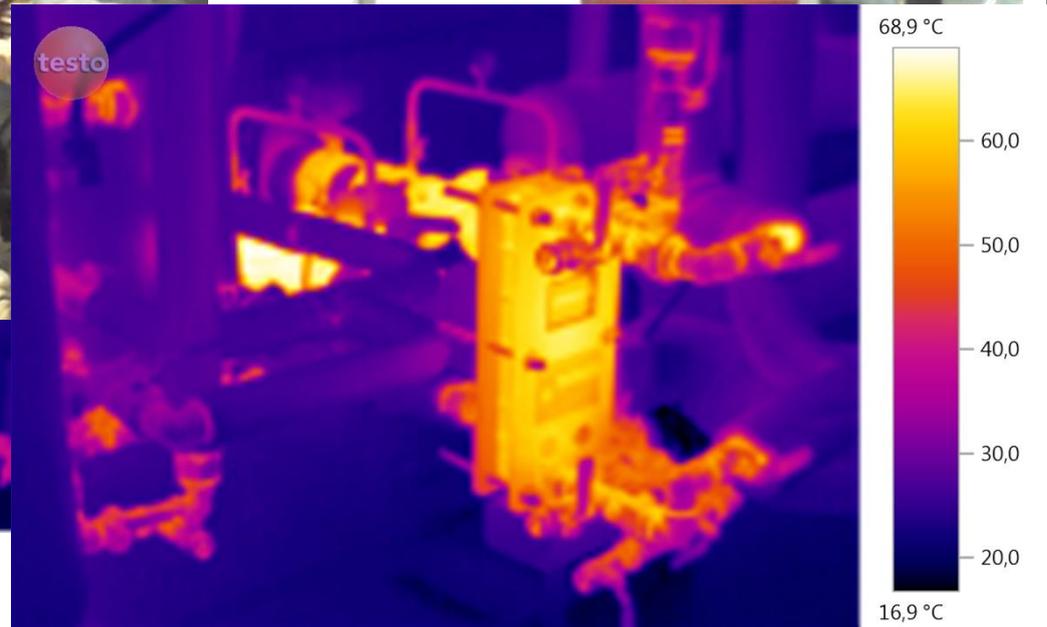
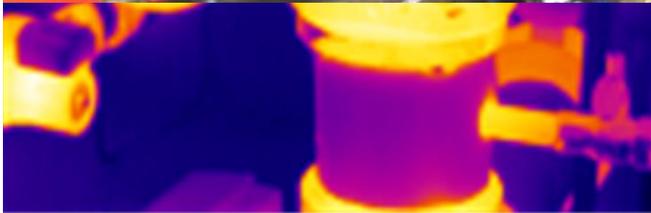


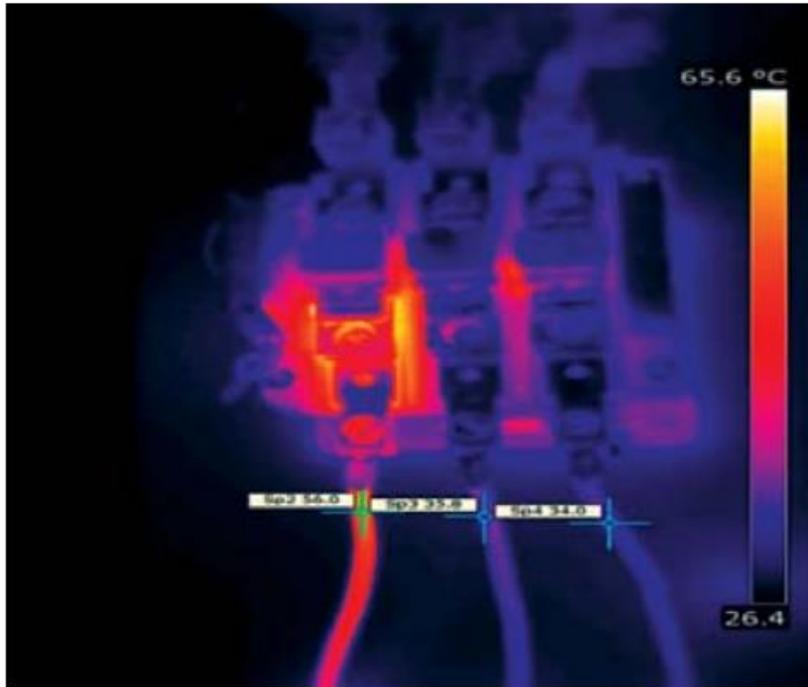
MANTENIMIENTO PREVENTIVO



Instalaciones mecánicas:

Se evalúan las instalaciones mecánicas de climatización agua



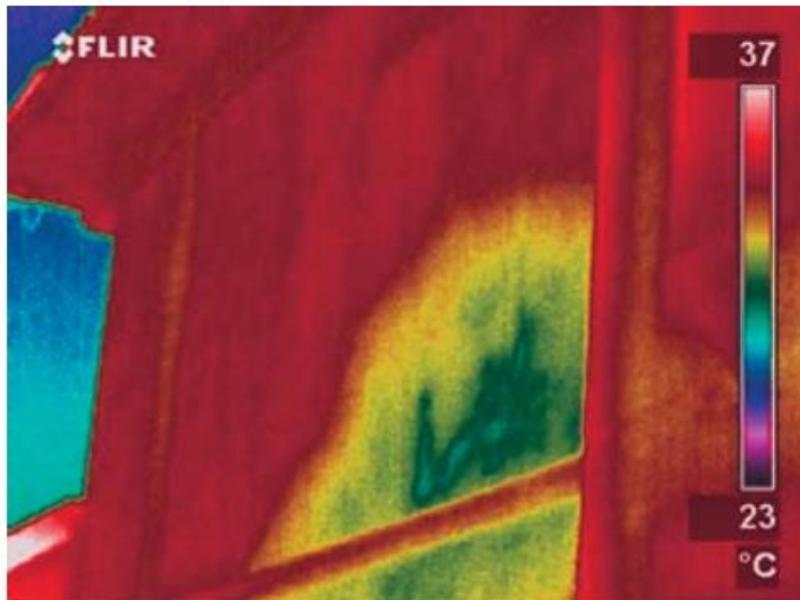


Electricidad:

Tanto en alta tensión como en baja tensión, su desarrollo en este campo ha sido enorme ya que es quizás donde primero comenzó a aplicarse.

Sobretensiones o diferencias de temperatura entre fases, siempre sin manipular los contactos en tensión, evitando así el potencial peligro del usuario y evitando parar el proceso.

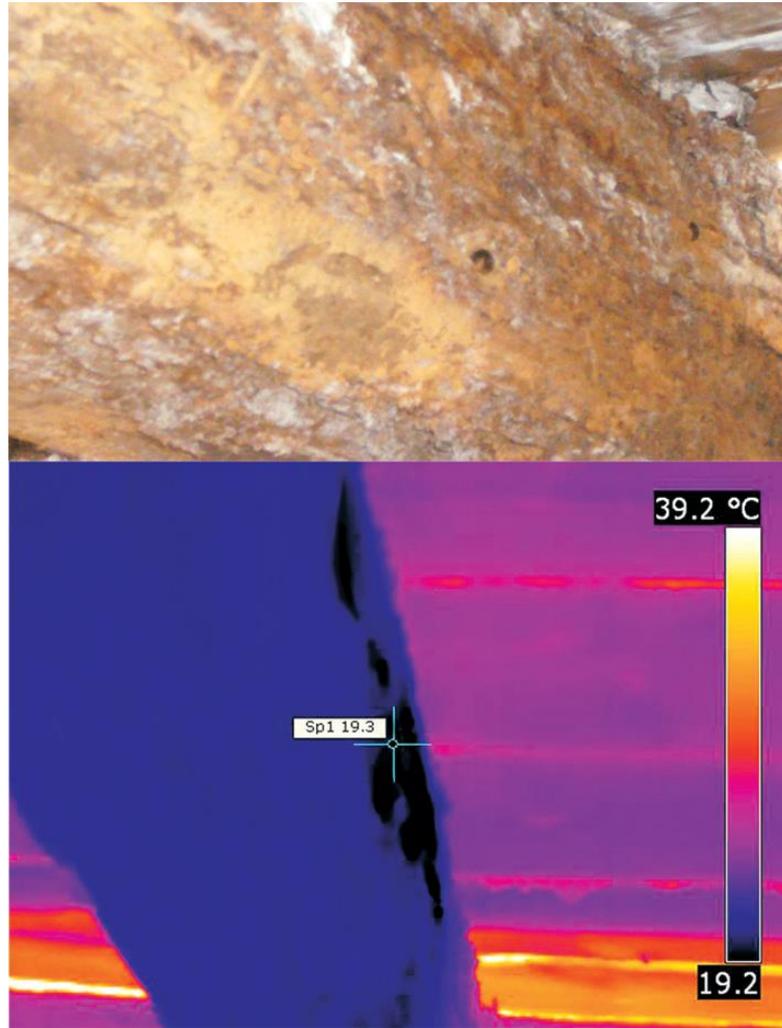
DETECCION DE TERMITAS



Control de plagas:

Se pueden localizar las galerías que dejan las termitas en la madera, ya que éstas son en definitiva huecos de aire, los cuales quedan de manifiesto en la termografía al contrastar con la temperatura de la madera.

VARIOS



PASSIVE HOUSE



0,6 renovaciones
de aire a 50 Pascales

Figura 1. Ejemplo de Blower Door y c

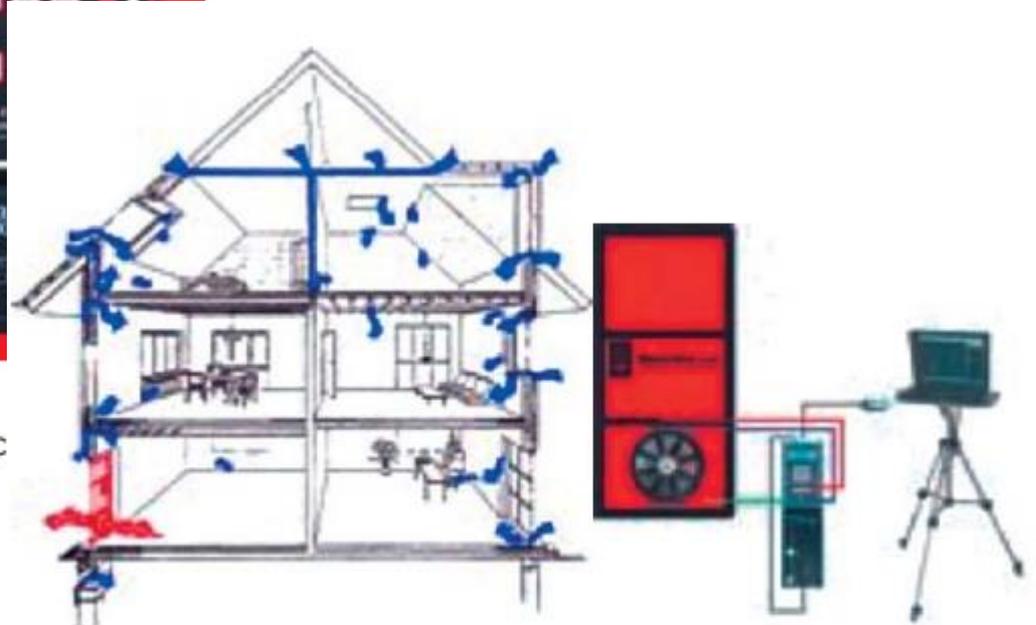
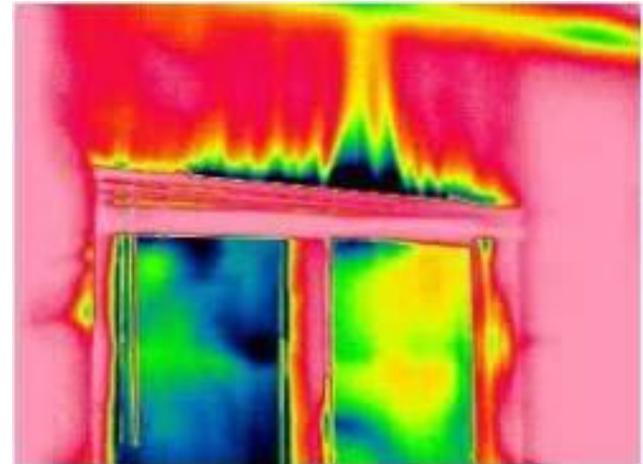
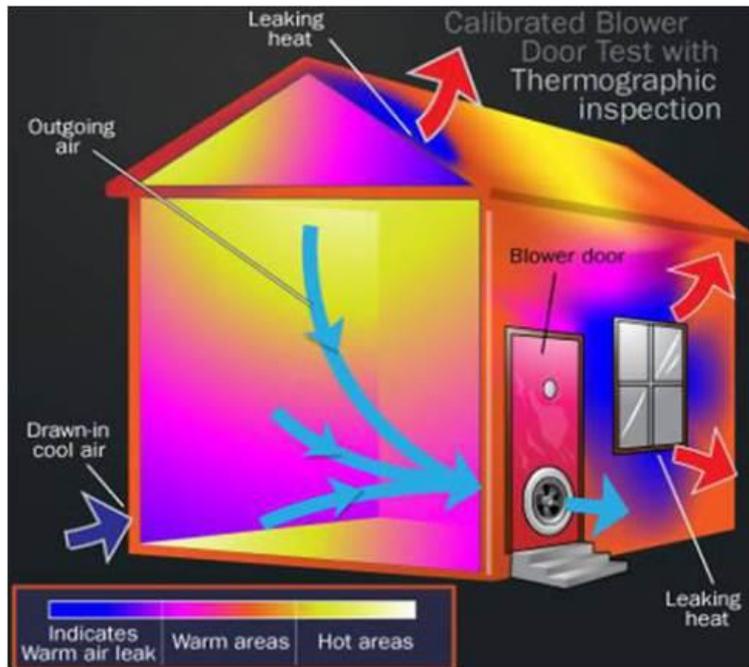
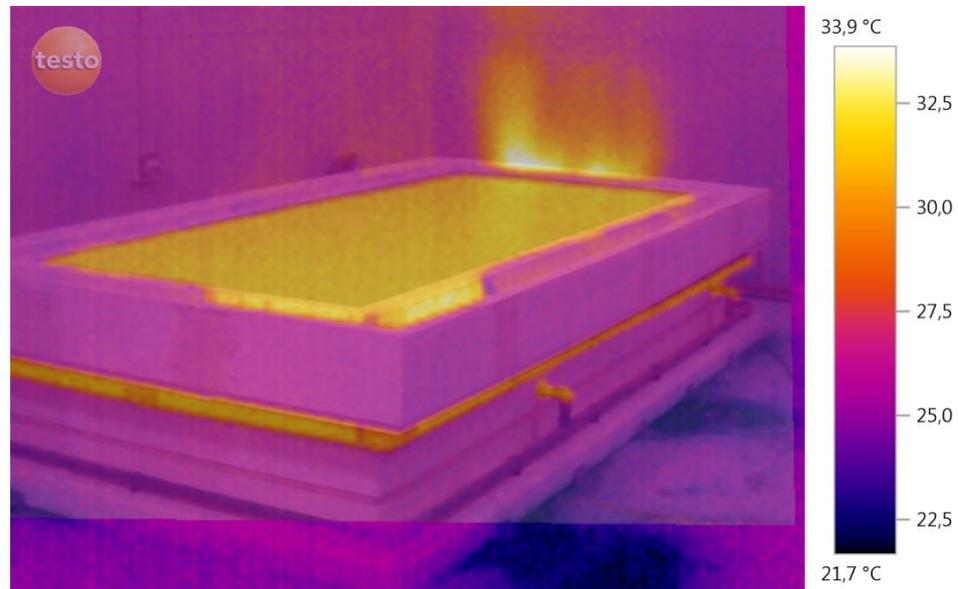
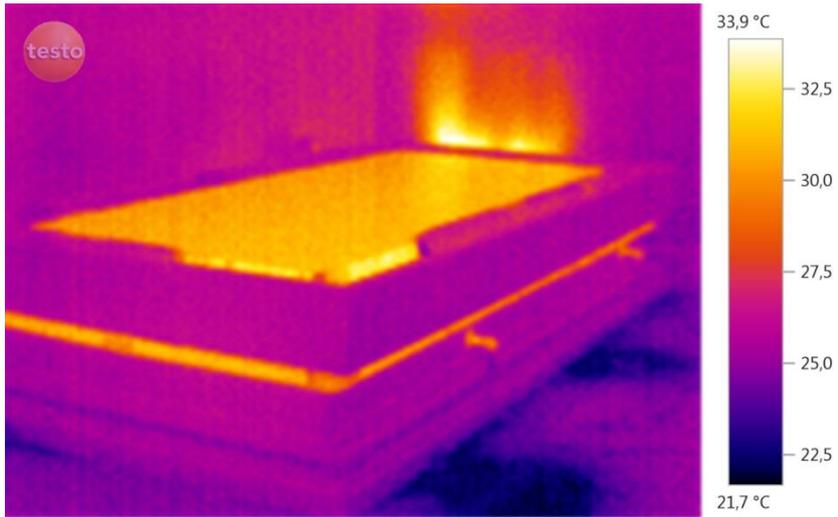


Figura 2. Medición Blower Door.

CALCULO DE INFILTRACIONES PASSIVE HOUSE



VARIOS



PLACAS FOTOVOLTAICAS

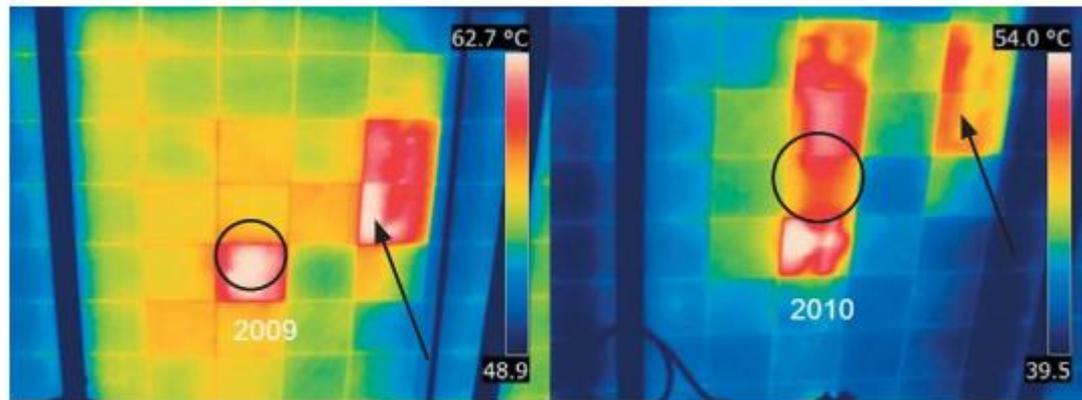


Figura 1. Células afectadas, con mayores temperaturas. Imágenes del mismo módulo, realizadas en las inspecciones de los años 2009 y 2010.

RESUMEN

- Con cámaras termográficas seremos capaces de medir temperaturas a distancia y sin contacto con el objeto.
- La propia imagen obtenida nos ofrece mucha más información además de la temperatura. Nos habla de patrones, gradientes, defectos, diferencias, etc.
- Debemos conocer la técnica (formación), sus ventajas y limitaciones. Su uso constituye un complemento a nuestros conocimientos y experiencias.
- La termografía ofrece el 10% de la información, el resto depende de nuestra experiencia.
- La termografía infrarroja es una técnica con un gran potencial de crecimiento aún en España y os animo a conocerla y emplearla en vuestro trabajo.