



**SUSTAINABLE ENERGY  
WEEK 15-19 JUNE 2015**  
Take part in shaping Europe's sustainable energy future



# HERRAMIENTAS PARA EL DIAGNÓSTICO TÉRMICO DE UNA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA



**EUSKO JAURLARITZA  
GOBIERNO VASCO**

EMPLEGU ETA GIZARTE  
POLITIKETAKO SALA  
DEPARTAMENTO DE EMPLEO  
Y POLÍTICAS SOCIALES

Etxegintzaren Kalitatea  
Kontrolatzeko Laborategia  
Laboratorio de Control de  
Calidad en la Edificación



eman ta zabal zazu



Universidad del País Vasco



Euskal Herriko Unibertsitatea



Makina eta Motor  
Termikoak Sala  
Departamento de Máquinas  
y Motores Térmicos



Juan María Hidalgo Betanzos

Donostia-San Sebastián, 18 de junio de 2015



**donostiasustapena  
fomentosansebastián**

DESARROLLO ECONÓMICO DE SAN SEBASTIÁN  
DONOSTIARIKO GABARREN EKONOMIAGA  
SAN SEBASTIÁN ECONOMIC DEVELOPMENT



donostiasustapena  
fomentosansebastián

**donostia  
smartenergy**

CLUSTER DE ENERGIA INTELIGENTE  
ENERGIA ADIMENDIEN KLUSTERRA  
SMART ENERGY CLUSTER

## 0. CONTENIDOS

1. **ENEDI: Quienes somos y qué hacemos**
2. **RETOS actuales de la Rehabilitación Energética**
3. **HERRAMIENTAS para el diagnóstico térmico de la rehabilitación energética:**
  1. **Simulación energética**
    - Estudio de objetivos y plan de actuación
    - Niveles básico, medio o específicos
    - Calidad de los datos utilizados
  2. **Inspecciones**
    - Visual
    - Mediciones adicionales
  3. **Ensayos complementarios**
    - Termografía infrarroja
    - Resistencia térmica de elementos: Transmitancia in situ
    - Ventilación: Gases trazadores y puerta ventilador
    - Monitorización Temperatura y Humedad Relativa
4. **CONCLUSIONES**



## 1. ENEDI: Quienes somos y qué hacemos?



## 1. ENEDI: Quienes somos y qué hacemos?

Miembros:



Grupo de investigación de la Universidad del País Vasco UPV/EHU

10 Doctores + 12 Doctorandos + ...



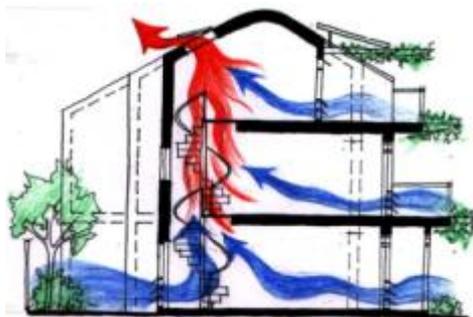
en9diSYST



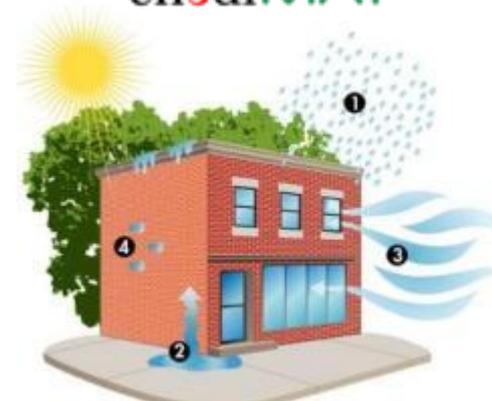
en9diTHERM



en9diMAT



en9diAIR



en9diMOIST

## 1. ENEDI: Quienes somos y qué hacemos?

### Objetivos:

Gestión y desarrollo del Área Térmica del Laboratorio de Control de Calidad del Gobierno Vasco:

- Investigar y desarrollar metodologías para la evaluación energética de viviendas.
- Caracterizar las propiedades térmicas de materiales y sistemas de construcción, de manera experimental y numérica.
- Apoyar la mejora de los productos de construcción.
- Implementar los sistemas de Energías Renovables y promover el Uso Racional de la Energía.
- Asistir en la mejora de la normativa de edificación del País Vasco para conseguir una edificación más sostenible.

**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
EN LA EDIFICACIÓN DEL GOBIERNO VASCO**



Área de  
Materiales

**Área  
Térmica**

Área  
Acústica



2005



Universidad  
del País Vasco  
UPV/EHU



Departamento  
de Vivienda  
Gobierno Vasco

## 1. ENEDI: Quienes somos y qué hacemos?

### Servicios:

#### MATERIALES

Ensayos de aislantes, arcillas, morteros, etc.

#### SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

Ensayos de fachadas, ventanas,...

Simulaciones de Puentes Térmicos

Celdas PASLINK en condiciones exteriores

#### INSTALACIONES

Simulación y optimización dl funcionamiento

Almacenamiento de energía

#### ESCALA DE EDIFICIO

Inspecciones con Termografía

Ensayos in situ: Transmitancia de envolvente,...

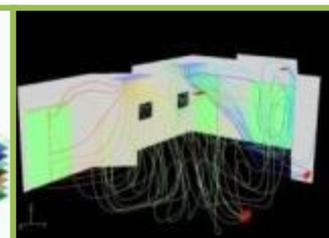
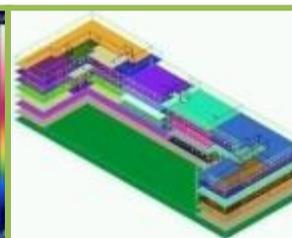
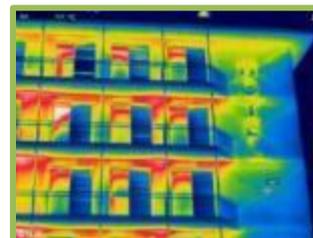
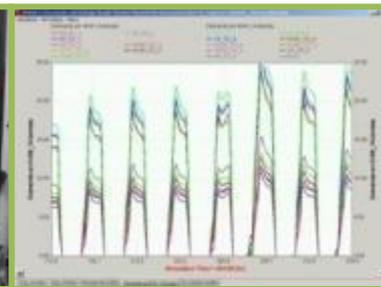
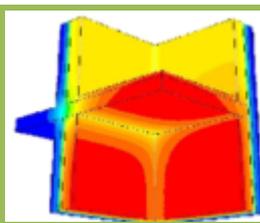
Estudio de Condensaciones: Monitorización T y HR.

Estudio de Confort Térmico: EN 15251 + ISO 7730

Estanqueidad de la envolvente: Blowerdoor

Ventilación efectiva: Gases trazadores

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
EN LA EDIFICACIÓN DEL GOBIERNO VASCO





## 2. RETOS actuales de la Rehabilitación Energética

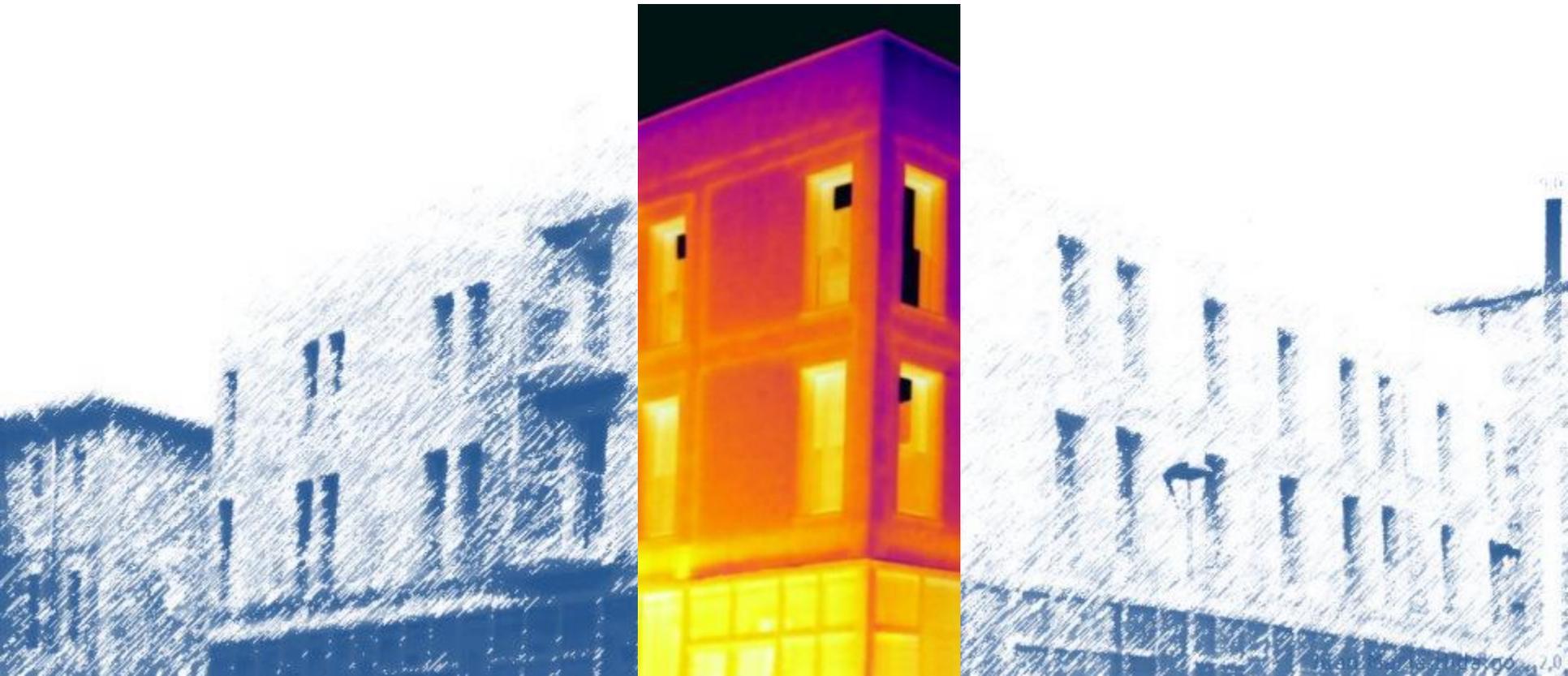


## 2. RETOS actuales de la Rehabilitación Energética

- ❑ **GESTIÓN y ADMINISTRACIÓN:** Colectivo de personas
  - Toma de decisiones, administración e información.
  - Tiempos prolongados.
- ❑ **LEGALES:** Retrasos e incertidumbres del marco regulador
  - Marco orientado a edificación nueva.
  - Ayudas económicas cambiantes.
- ❑ **FINANCIACIÓN:** Costear y programar la “inversión”.
  - Ayudas habituales insuficientes.
  - Corresponsabilidad, préstamos por comunidad,
- ❑ **CONSTRUCTIVOS:** Actualizar los edificios a las exigencias actuales.
  - Seguridad.
  - Accesibilidad.
  - Salubridad y servicios.
- ❑ **ENERGÉTICOS**
  - Reducir la demanda de las partes del edificio.
  - Solucionar patologías derivadas del diseño original.
  - Prevenir mal uso.
  - Reducir el consumo energético.
  - Implementar renovables.



### 3. HERRAMIENTAS para el diagnóstico térmico de la rehabilitación energética



### 3.1. SIMULACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

Análisis del comportamiento del edificio creando un modelo informático equivalente.

- ❑ Conocer los **OBJETIVOS** de Consumo Energético de la rehabilitación.
  - Demanda energética límite
  - Consumo energético
  - Posibles ampliaciones: Energías Renovables, Gestión de consumos, etc.
  
- ❑ Conocer los **DATOS SUFICIENTES** para poder simular y analizar todas las opciones:
  - Cada nivel de objetivos requerirá distintos niveles de detalle

Perfiles de uso

Envolvente Térmica

Ventilación + Estanqueidad



Clima + entorno

Geometría

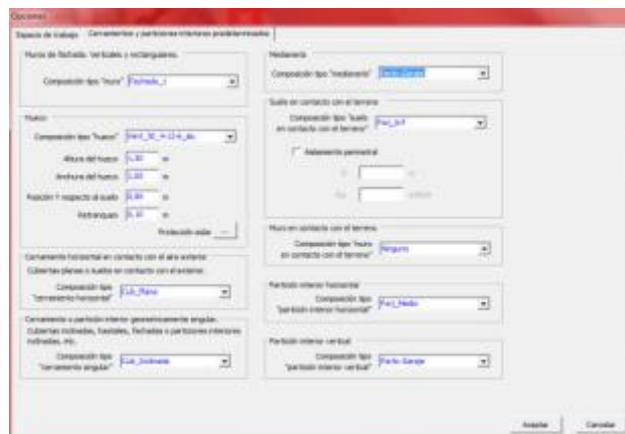
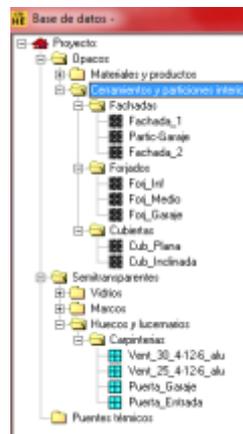
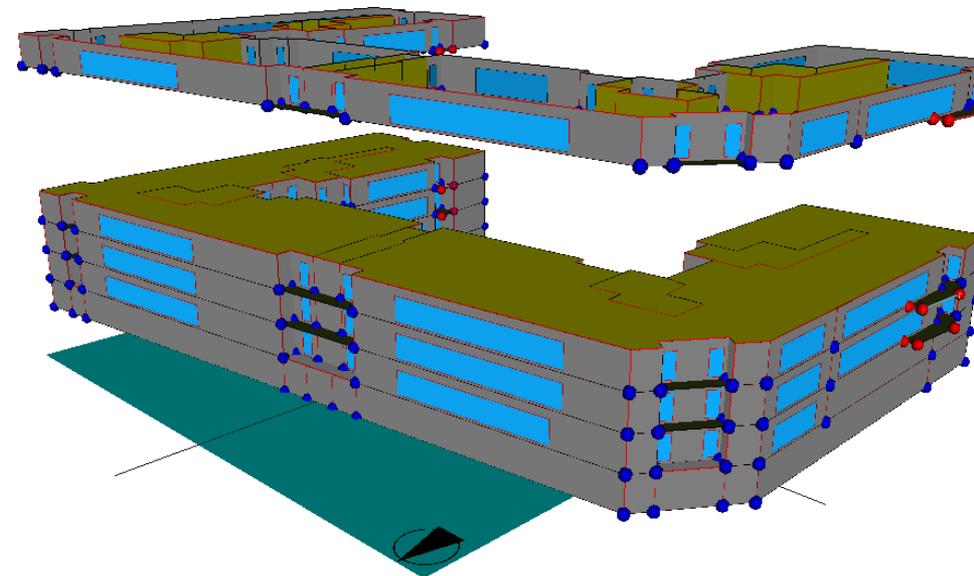
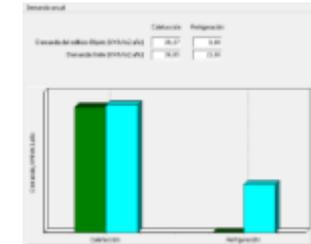
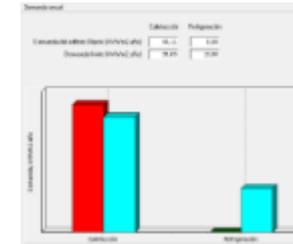
Sistemas Activos

Puentes Térmicos

## 3.1. SIMULACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

**NIVEL BÁSICO:** cumplimiento mínimo por la normativa vigente:

- Introducir el Edificio Base y nuevos materiales:
  - Modelo geométrico simplificado (equivalente).
  - Materiales según catálogo del CTE (comprobar).
  - P.T. principales según CTE DA-DB-HE3
  - Sistemas con rendimientos de tablas por tipología.
- Resultados generales: CUMPLE SI/NO
  - Demanda Energética global/media.
  - Consumo Energético global/media.



## 3.1. SIMULACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

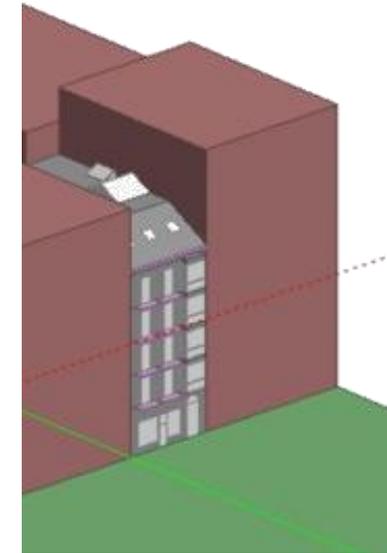
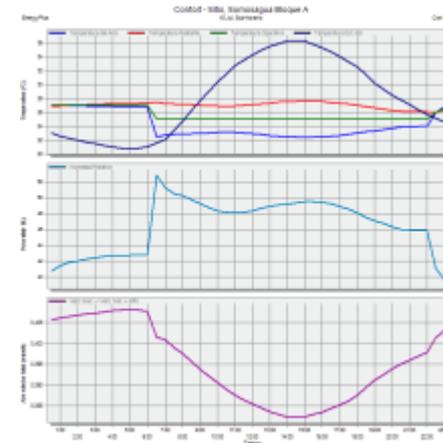
**NIVEL MEDIO:** Comportamiento dinámico (horario) del comportamiento del edificio.

□ Detallar el Estado Actual del edificio base y los nuevos componentes:

- Modelo geométrico **detallado**.
- Materiales según catálogo del CTE (comprobar).
- P.T. completos según CTE DA-DB-HE3
- Sistemas con rendimientos de tablas por tipología.

□ Resultados detallados:

- Demanda Energética global/media + **ZONAS**.
- Consumo Energético global/media + **ZONAS**.
- Evaluar el **CONFORT TÉRMICO** y Ambiente Interior
- Calcular las **POTENCIAS NECESARIAS** por sistemas.
- Estudio de **COSTES** asociados al consumo.
- Detección de los puntos débiles del diseño.





## 3.2. INSPECCIONES

Obtener la información básica necesaria para valorar los objetivos y el tipo de simulación.

### ❑ VISUAL

- Geometría principal y entorno
- Identificación de sistemas constructivos
- Estimación de Puentes Térmicos.
- Identificación de sistemas activos.



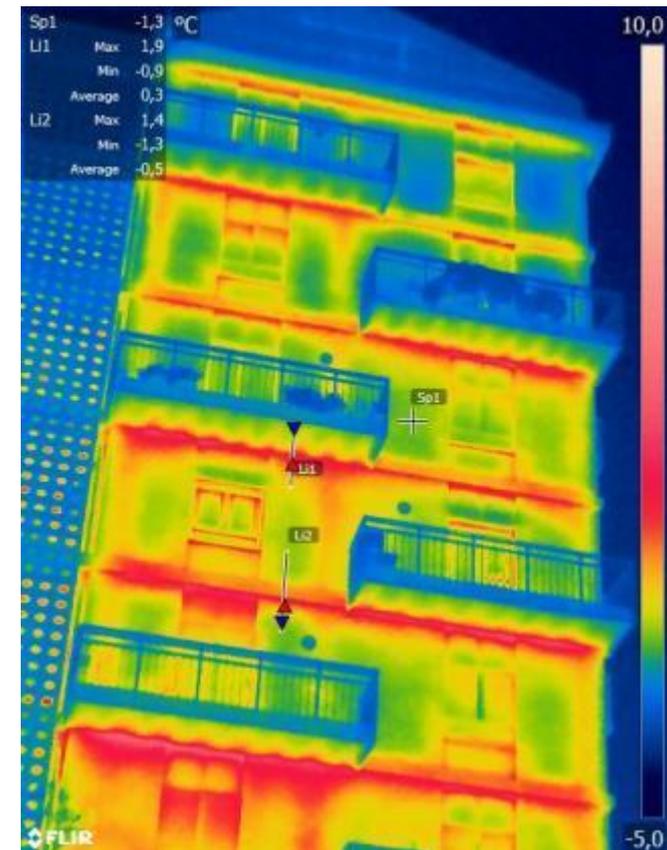
### ❑ MEDICIONES ADICIONALES:

- Análisis de cerramientos:
  - No invasivos, espesores
  - Catas invasivas, extracción de muestras, materiales, etc.
- Comprobación de carpinterías, tipo de RPT y vidrios:
  - Detector por ultrasonidos, medidor de vidrios,...
- Termografía infrarroja:
  - Debe ser realizado por un técnico especializado, muy recomendable.
- Otros ensayos programados.



### 3.3. ENSAYOS COMPLEMENTARIOS

#### a. TERMOGRAFÍA INFRARROJA:



### 3.3. ENSAYOS COMPLEMENTARIOS

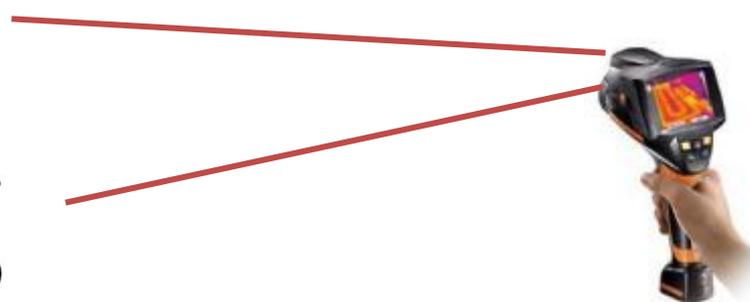
#### a. TERMOGRAFÍA INFRARROJA:

- ❑ Fuente útil de información, mejor en combinación con:

Estudios de patologías, ensayos, monitorización energética...



- ❑ No invasiva, accesible a distancia y sin molestias a los habitantes.

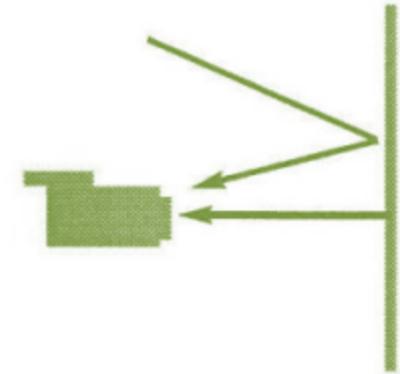


- ❑ No destructiva, se puede repetir la medida en distintas condiciones de uso.

## a. TEMOGRAFÍA INFRARROJA

Permite detectar:

- ❑ **Irregularidades** en los cerramientos, aislamiento, mala ejecución, grietas
- ❑ **Puentes Térmicos**, son los puntos débiles de la envolvente térmica.
- ❑ **Humedades** incontroladas en los cerramientos.
- ❑ Diferencias de **ocupación**, actividad de los habitantes.
- ❑ Elementos **estructurales**.



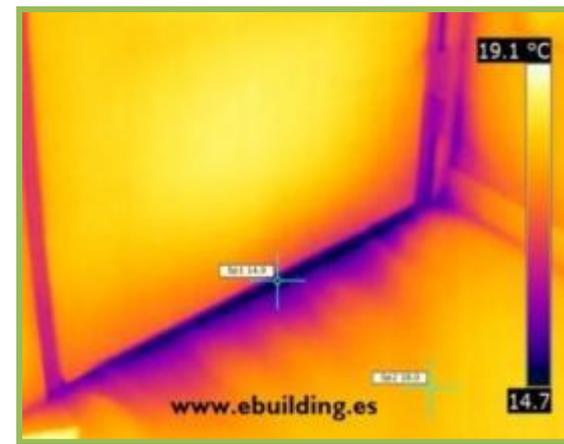
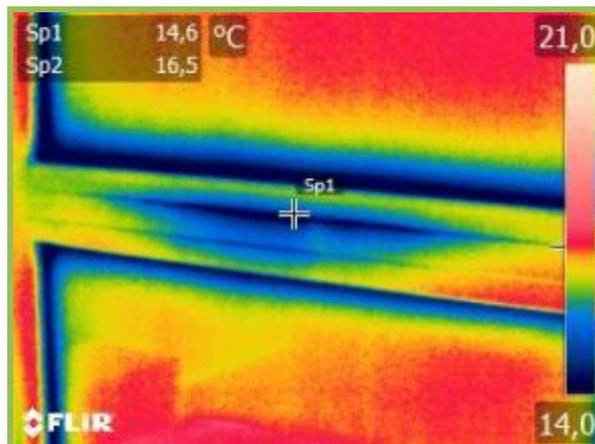
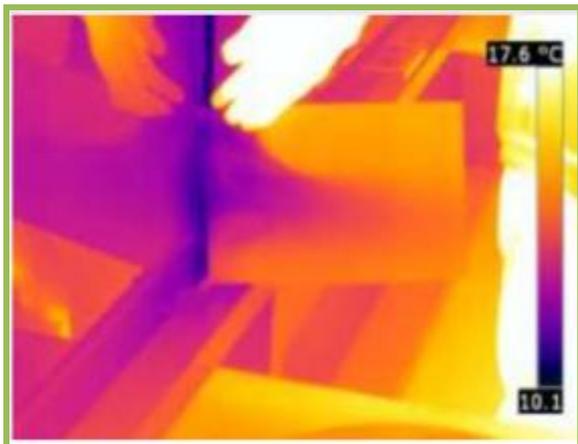
$$Q = \underbrace{\sigma \cdot \epsilon \cdot T^4}_{\text{emitted}} + \underbrace{\sigma \cdot (1 - \epsilon) \cdot T^4}_{\text{reflected}} \cdot \text{background}$$



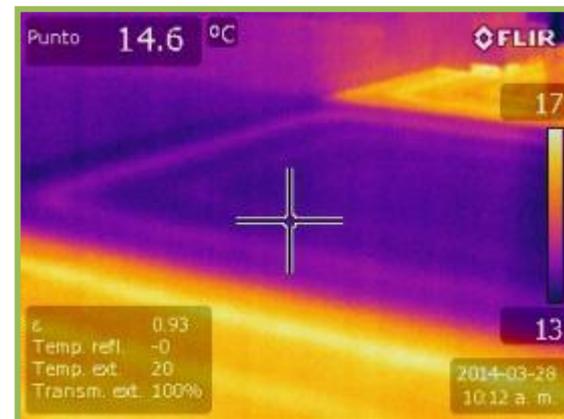
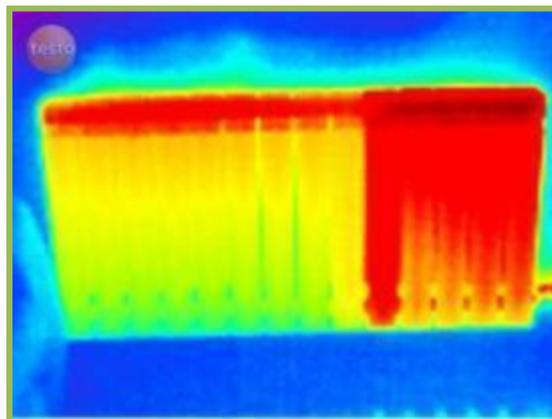
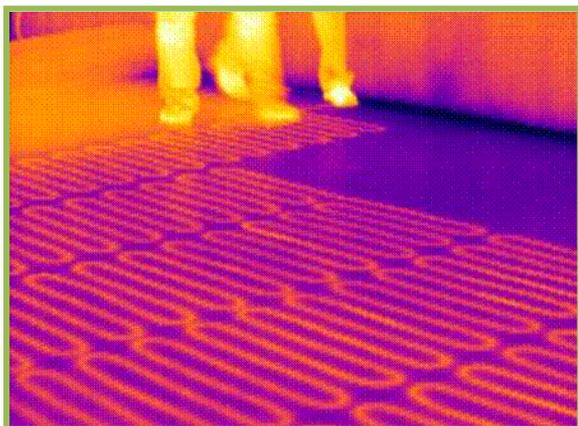
## a. TEMOGRAFÍA INFRARROJA

### Usos adicionales:

- ❑ Infiltraciones de aire, termografía activa combinada con puerta ventilador.



- ❑ Mal funcionamiento de algunas instalaciones: eléctricas, calefacción,...



## a. TEMOGRAFÍA INFRARROJA

### Errores habituales:

- ❑ ¿El color de los materiales afecta a la radiación infrarroja?

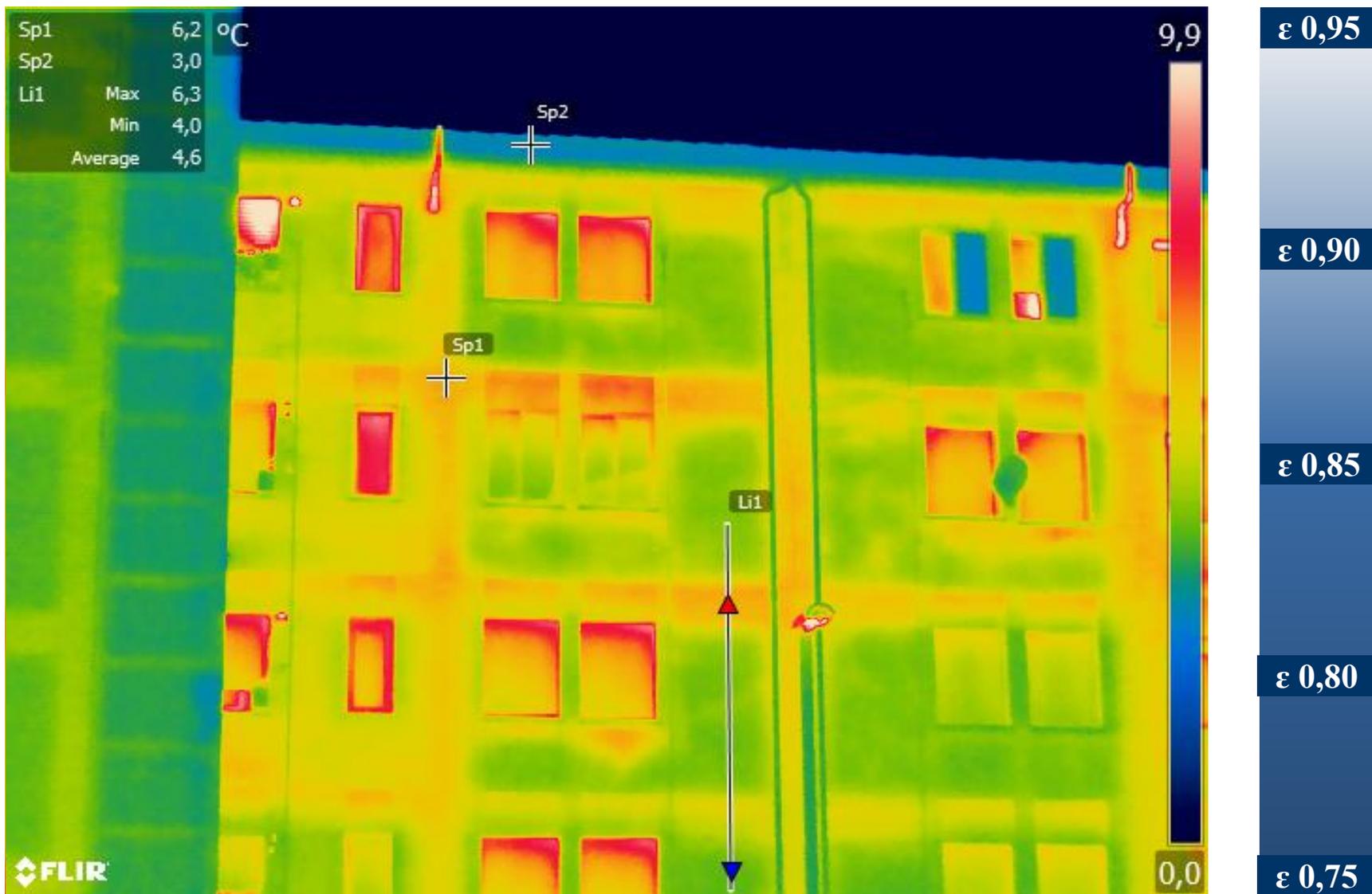
NO, el color indica el espectro visible que absorbe.

SÍ, se calientan de distinta manera.

- ❑ Los parámetros de la cámara y las características superficiales, **afectan mucho a las Temperaturas medidas:**
  - Tenerlo en cuenta siempre que haya cambios de materiales.
  - Especialmente en una valoración cuantitativa.



## a. TEMOGRAFÍA INFRARROJA

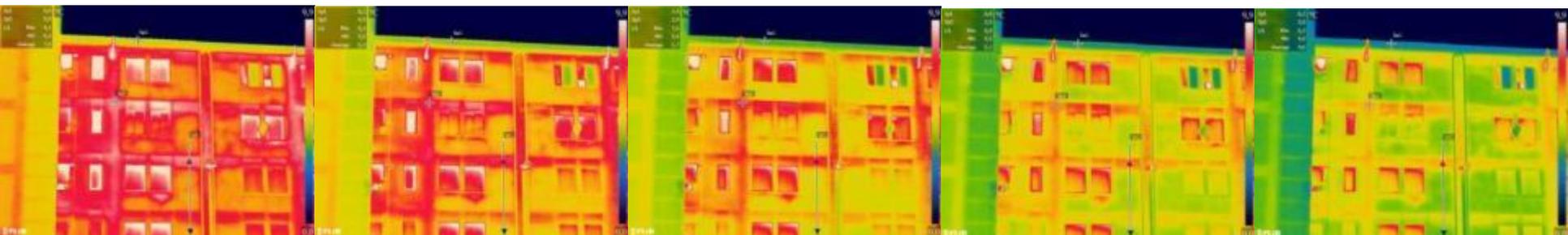
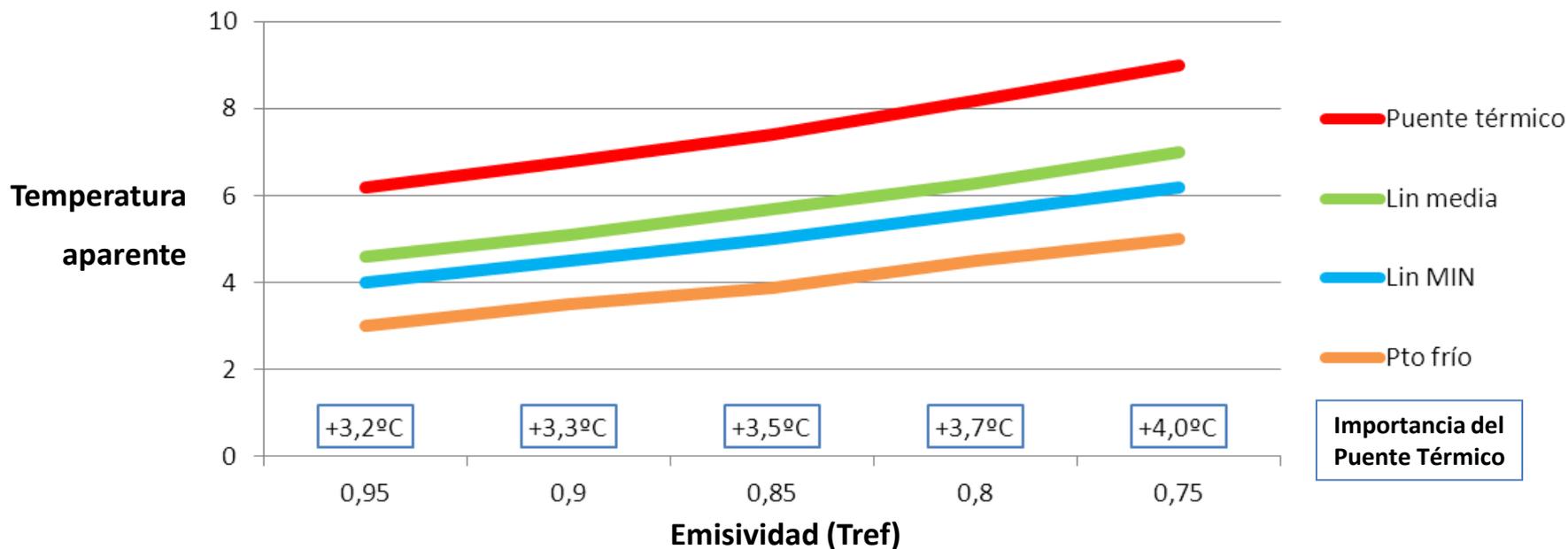


Variación de Temperaturas según la Emisividad (0'75, 0'80, 0'85, 0'90, 0'95)

## a. TEMOGRAFÍA INFRARROJA

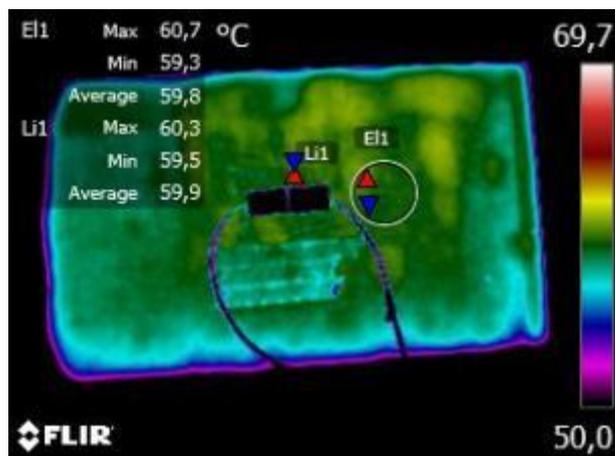
Afecta más cuando las emisividades de los objetos son bajas.

Tabla de Temperaturas aparentes (Tref 0°C)

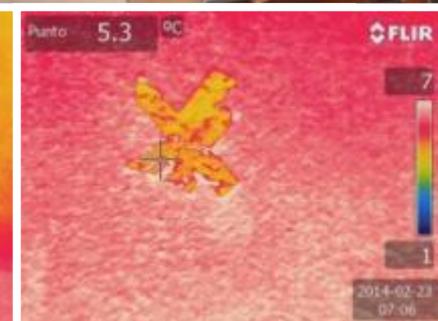


## a. TEMOGRAFÍA INFRARROJA

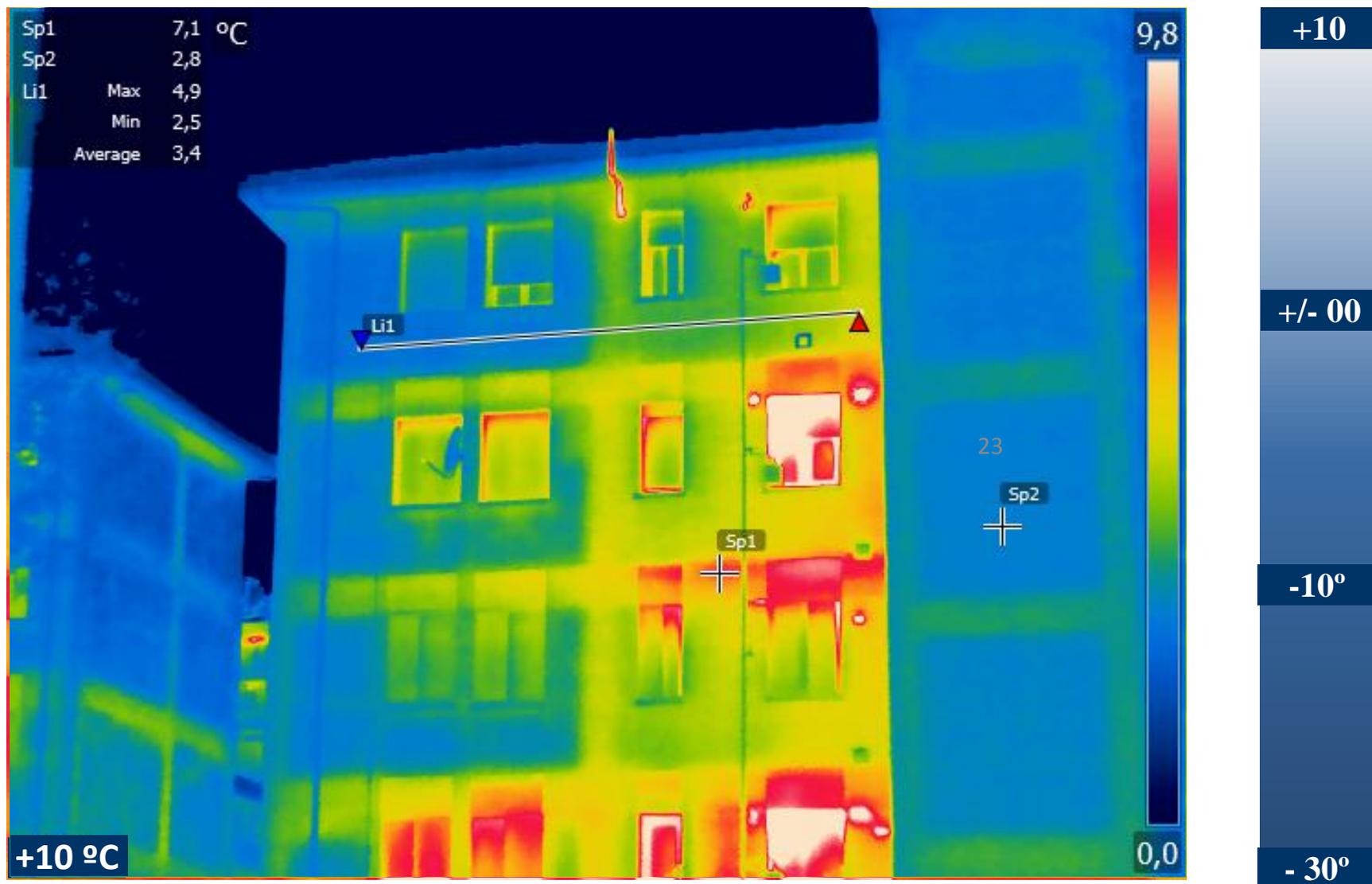
- Definir la  $\epsilon$  de cada material ~~no~~ es tarea fácil.
- Medir la **temperatura real** del material.



- Utilizar **cinta  $\epsilon$  conocida**



## a. TEMOGRAFÍA INFRARROJA

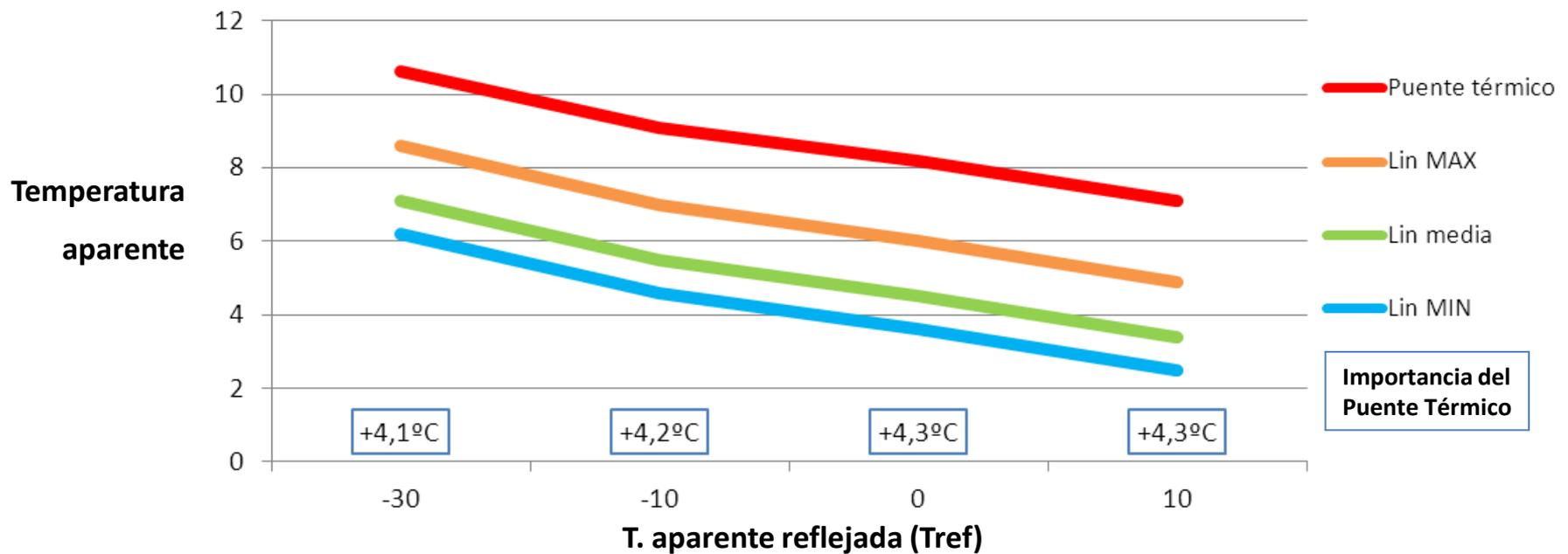


Variación de Temperaturas según Temperatura Aparente Reflejada (-30, -10, 0, +10)

## a. TEMOGRAFÍA INFRARROJA

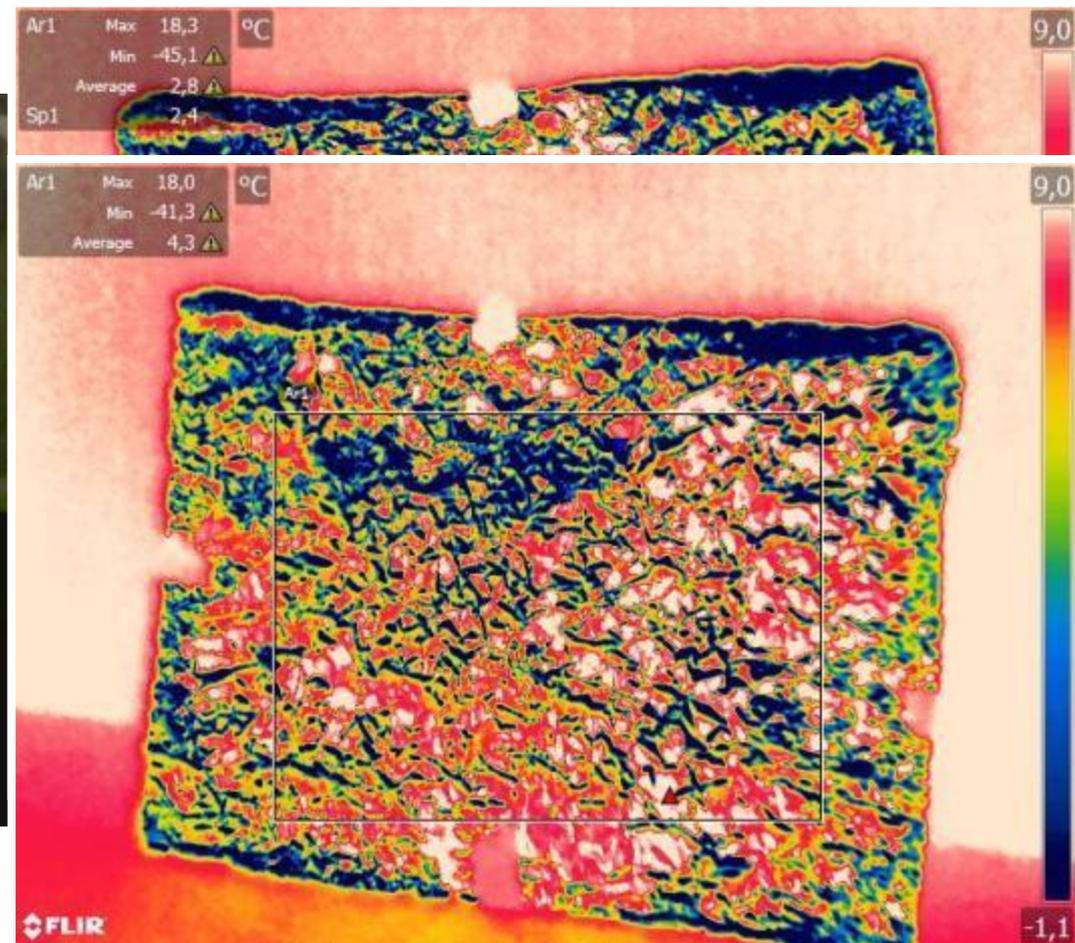
Es la radiación de todos los objetos del entorno que se “reflejan” en el edificio.  
 Afecta más cuando las emisividades de los objetos son bajas.

Tabla de Temperaturas aparentes ( $\epsilon$  0,90)



## a. TEMOGRAFÍA INFRARROJA

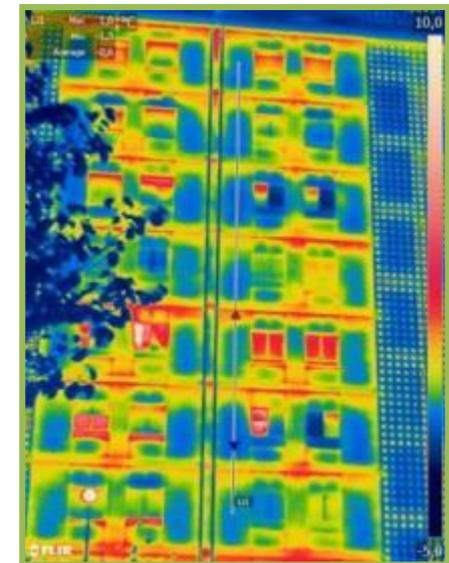
*Se mide a partir de un objeto que refleje toda la radiación que recibe la fachada.  
Empleando un difusor máximo o “papel de aluminio arrugado”  
se marca la emisividad en 1 y se mide su T.media (T con  $\epsilon=1$ ).*



## a. TEMOGRAFÍA INFRARROJA

### Norma de referencia:

- ❑ **EN 13187:1998**, Thermal performance of buildings. Qualitative detection of thermal irregularities in building envelopes. Infrared method.
  - **Para poder determinar causas y efectos, debe cumplirse un procedimiento.**
- ❑ Requisitos para el test:
  - Especificaciones del equipo de medida.
  - Características de la envolvente del edificio.
  - Propiedades radiativas de la superficie.
  - Factores climáticos favorables ( $\Delta T > 10-15^{\circ}\text{C}$ , no lluvia, no niebla, condiciones similares en horas previas)
  - Accesibilidad al edificio
  - Influencia del entorno (Tref)
  - Otros factores según el caso



### 3.3. ENSAYOS COMPLEMENTARIOS

#### b. RESISTENCIA TÉRMICA IN-SITU



## b. RESISTENCIA TÉRMICA IN-SITU

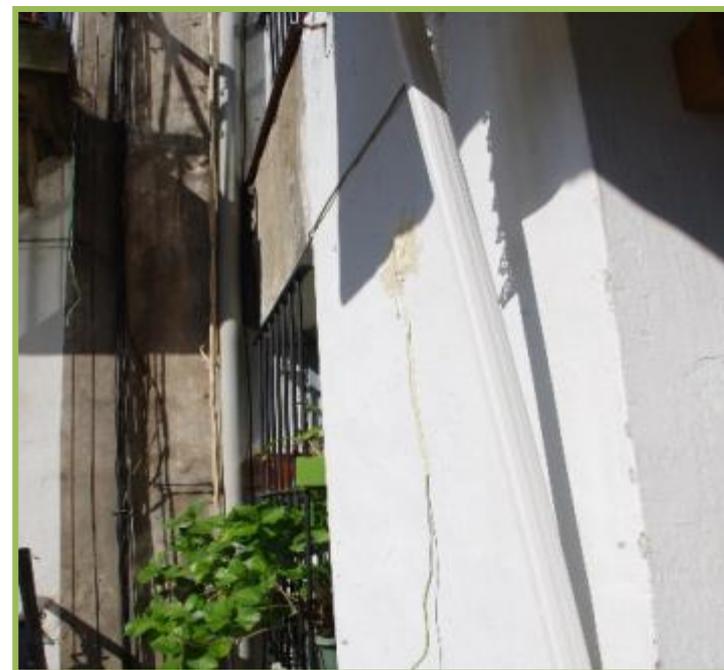
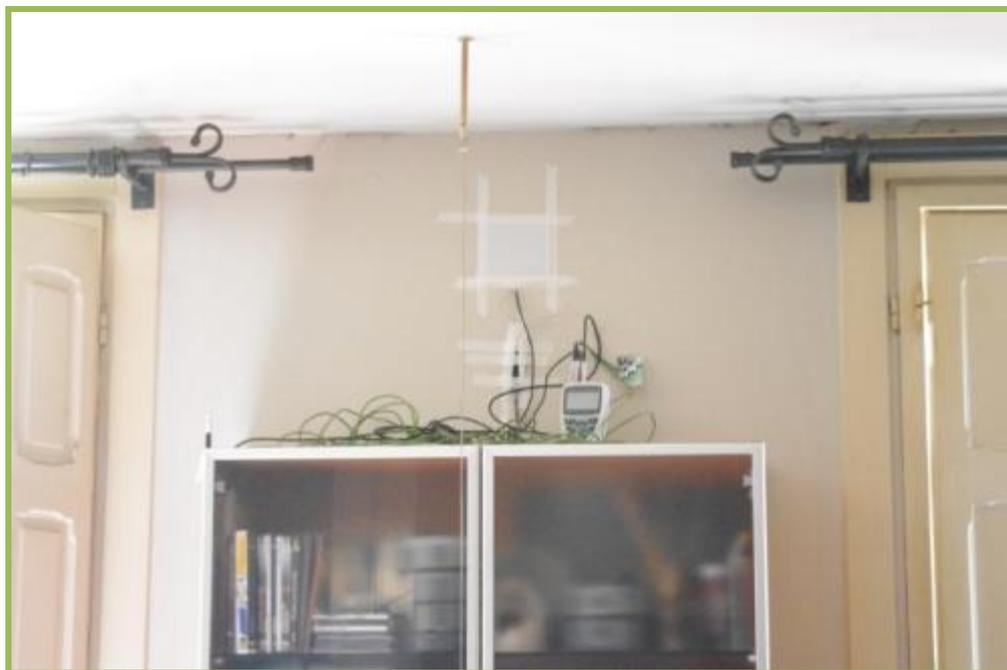
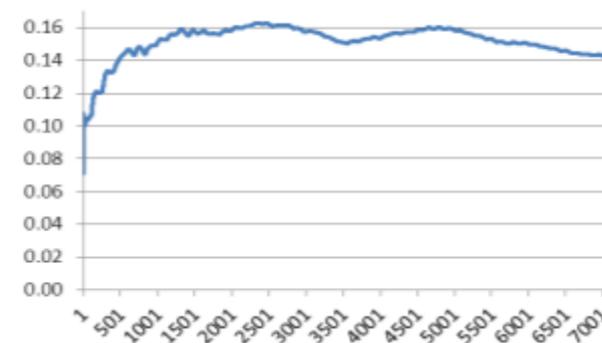
Norma Europea:

- ☐ UNE EN ISO 9869 Thermal insulation – Building elements – In situ measurement of thermal resistance and thermal transmittance

- ☐ Medición en los lugares disponibles.

- ☐ Análisis de los resultados obtenidos.

$$R = \frac{\sum_{j=1}^n (T_{sij} - T_{sej})}{\sum_{j=1}^n q_j}$$



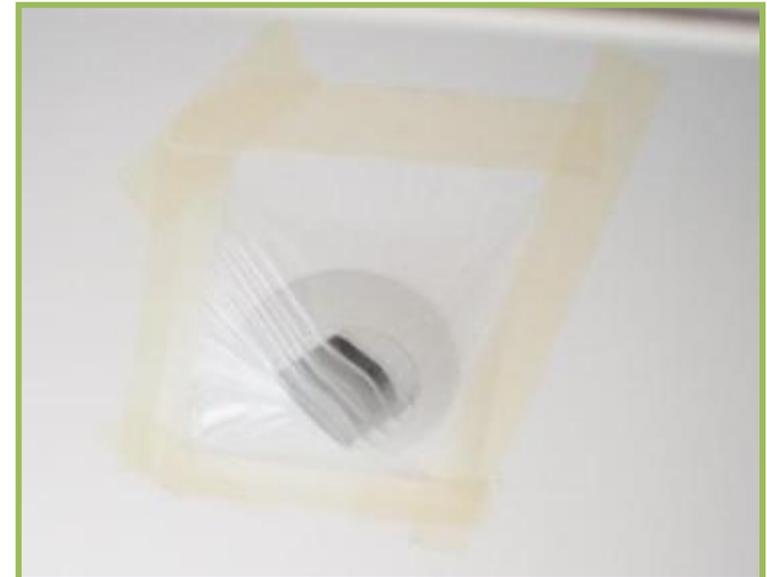
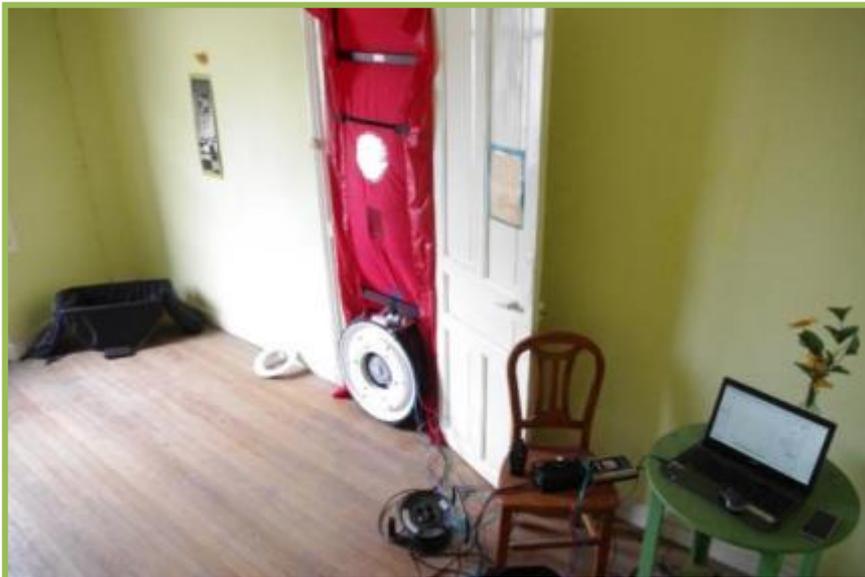
### 3.3. ENSAYOS COMPLEMENTARIOS

#### c. VENTILACIÓN: PUERTA VENTILADOR



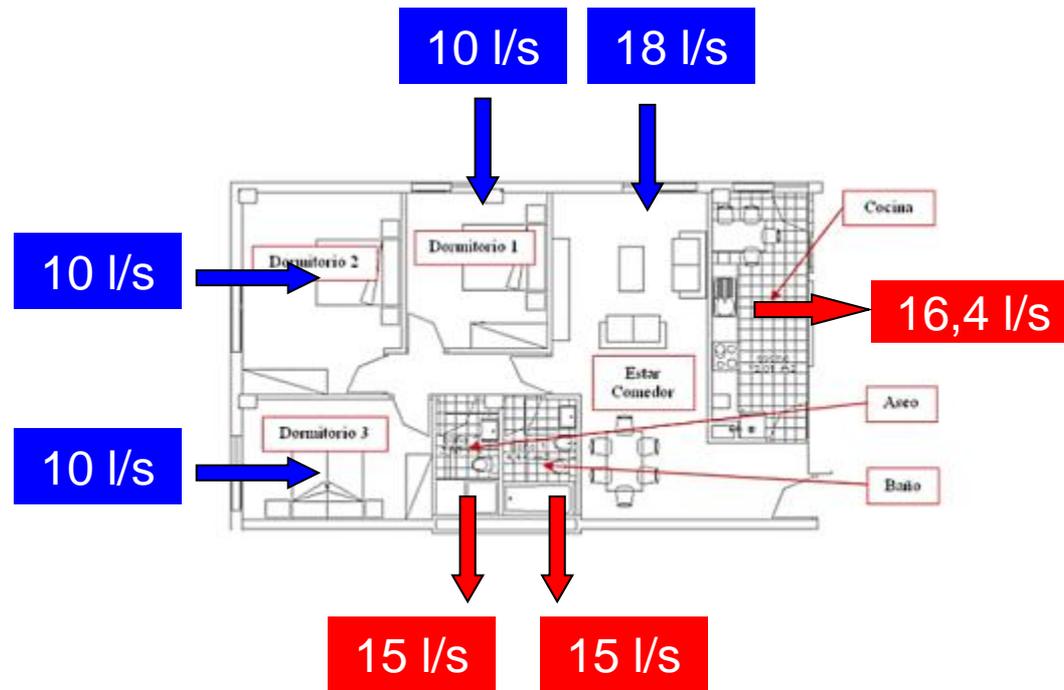
## c. PUERTA VENTILADOR

- ❑ UNE-EN 13829. Aislamiento térmico. Determinación de la estanquidad al aire en edificios. Método de presurización por medio de ventilador.
- ❑ Dos métodos diferentes: A y B.
- ❑ La capa de estanqueidad debe estar completa.
- ❑ Indica el **grado de infiltraciones** del edificio o zona estudiada.



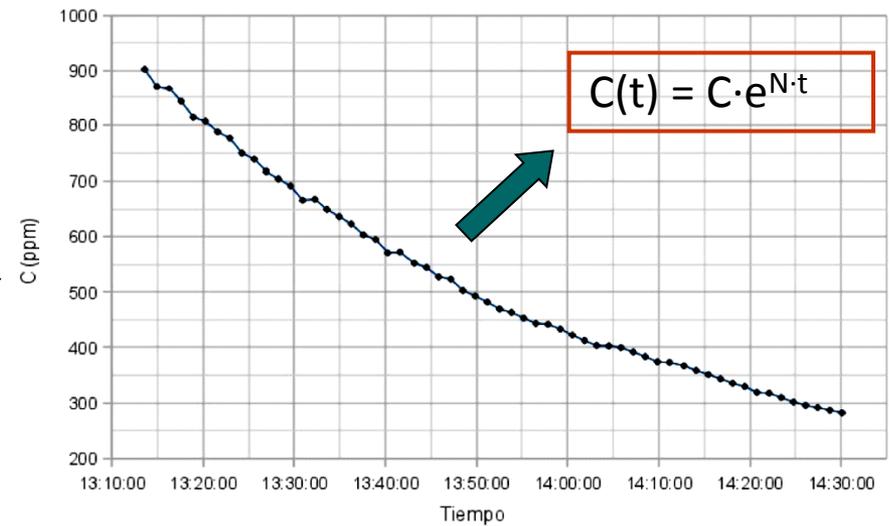
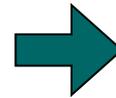
### 3.3. ENSAYOS COMPLEMENTARIOS

#### d. VENTILACIÓN: GASES TRAZADORES



## d. GASES TRAZADORES

- ❑ Ventilación “efectiva” de cada estancia.
- ❑ Equilibrado del sistema de ventilación
- ❑ Estudio de la edad del aire en espacios grandes.

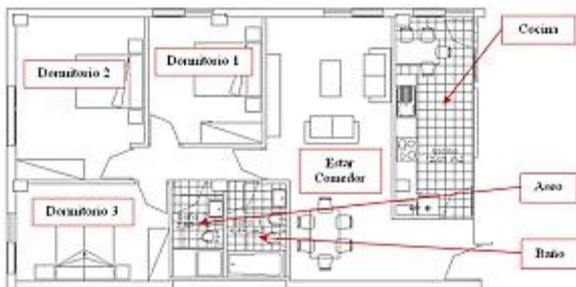


Medidas Complementarias

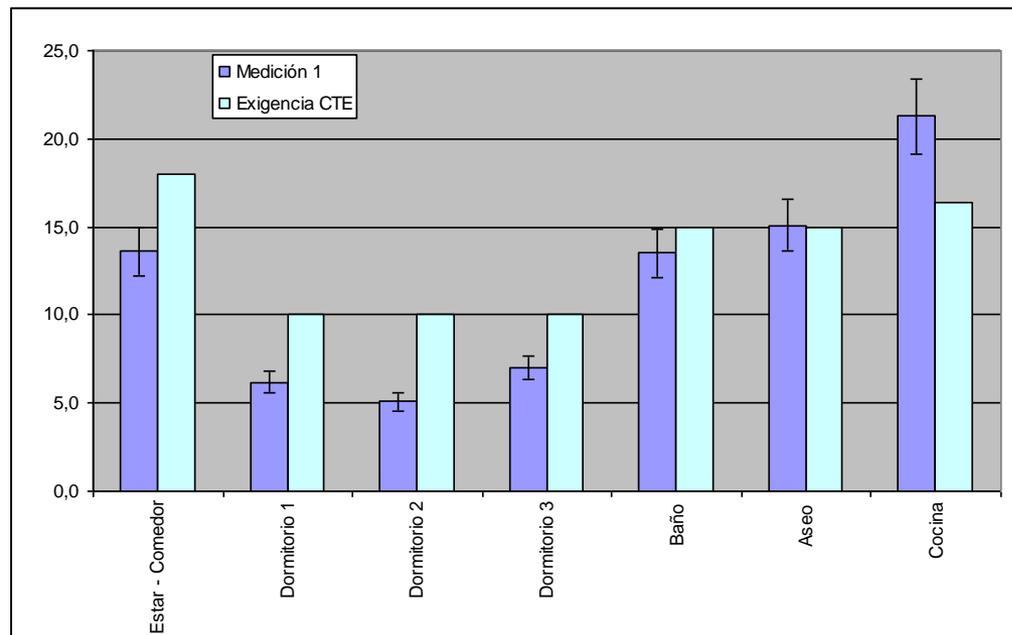


## d. GASES TRAZADORES

Ajuste de las bocas de ventilación tras reforma:



Local	Exigencia (l/s)	Medición 1 (l/s)
Estar - Comedor	18	13,6
Dormitorio 1	10	6,2
Dormitorio 2	10	5,1
Dormitorio 3	10	7,0
Baño	15	13,5
Aseo	15	15,1
Cocina	16,4	21,3



**Sale**      **Entra**

49,9 - 31,9 = 18 l/s

## d. GASES TRAZADORES

Ajuste de las bocas de ventilación tras reforma:

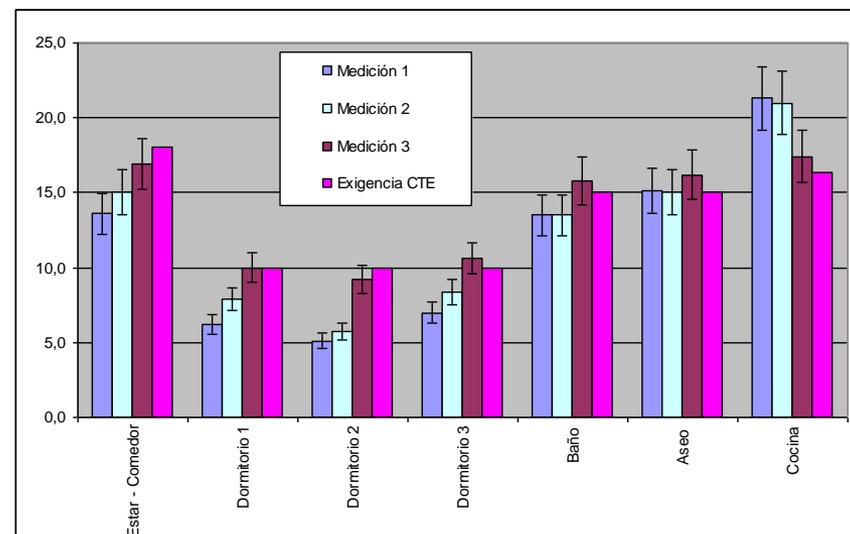
- ❑ Se reduce la pérdida de carga de las rejillas de admisión
- ❑ Corrección campana extractora
- ❑ Se sustituye la boca de extracción de la cocina por una de menor capacidad

Local	Exigencia (l/s)	Medición 1 (l/s)	Medición 2 (l/s)	Medición 3 (l/s)
Estar - Comedor	18	13,6	15,0	16,9
Dormitorio 1	10	6,2	7,9	10,0
Dormitorio 2	10	5,1	5,7	9,2
Dormitorio 3	10	7,0	8,4	10,6
Baño	15	13,5	13,5	15,8
Aseo	15	15,1	15,0	16,2
Cocina	16,4	21,3	21,0	17,4

Sale          Entra

49,4 - 46,7 = 2,7 l/s

- ❑ Extracciones: Cumplen con el mínimo exigido por la norma.
- ❑ Las medidas adoptadas hacen alcanzar los caudales exigidos.
- ❑ Esto se debe a que se reducen los pasos de aire no deseados.



### 3.3. ENSAYOS COMPLEMENTARIOS

#### e. MONITORIZACIONES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA

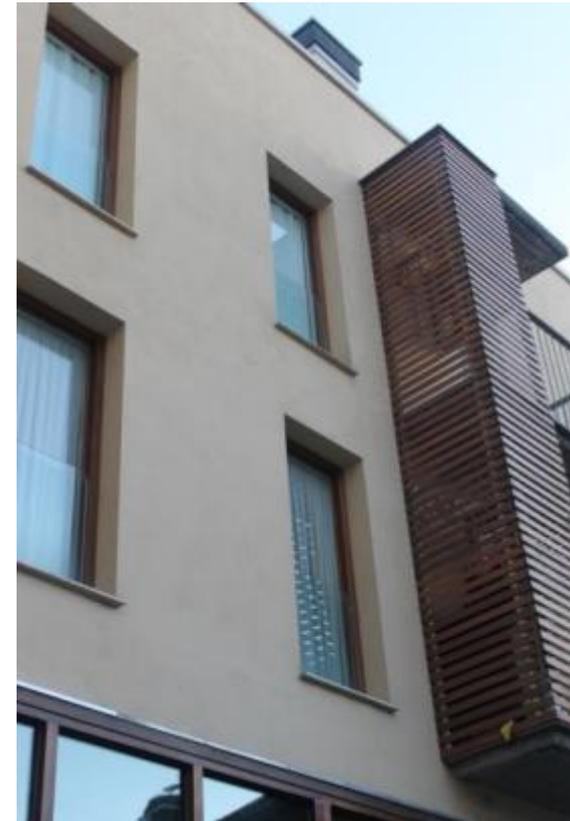


## e. MONITORIZACIÓN DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA

- ❑ Especialmente útil ante problemas complejos con patologías.

**Caso singular:** Edificio de 2008 con licencia previa al CTE, sujeto a la NBE CTE-79

Tras 4 años de ocupación, presenta humedades interiores y exteriores.



## e. MONITORIZACIÓN DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA

**2008:** Edificio previo al CTE, sujeto a la NBE CTE-79. 4 años de ocupación

**Pilares en esquinas de fachada :**



## e. MONITORIZACIÓN DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA

**2008:** Edificio previo al CTE, sujeto a la NBE CTE-79. 4 años de ocupación

### Fachadas y techos



## e. MONITORIZACIÓN DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA

**2008:** Edificio previo al CTE, sujeto a la NBE CTE-79

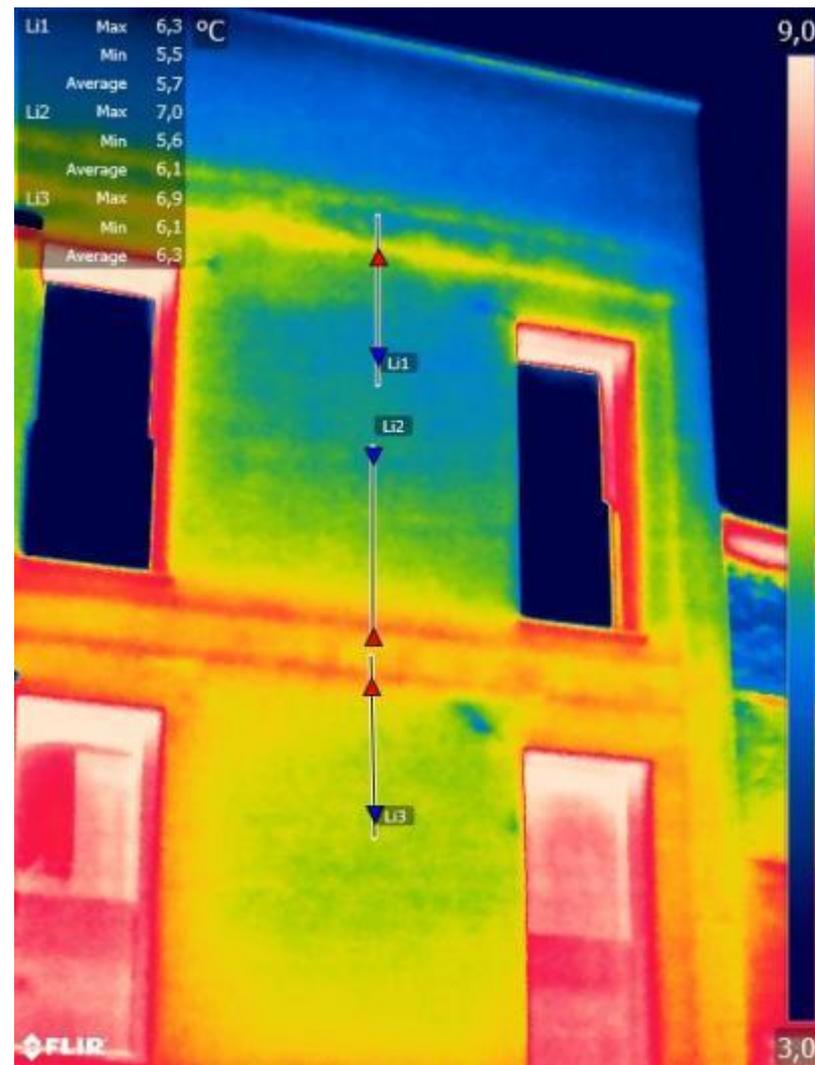
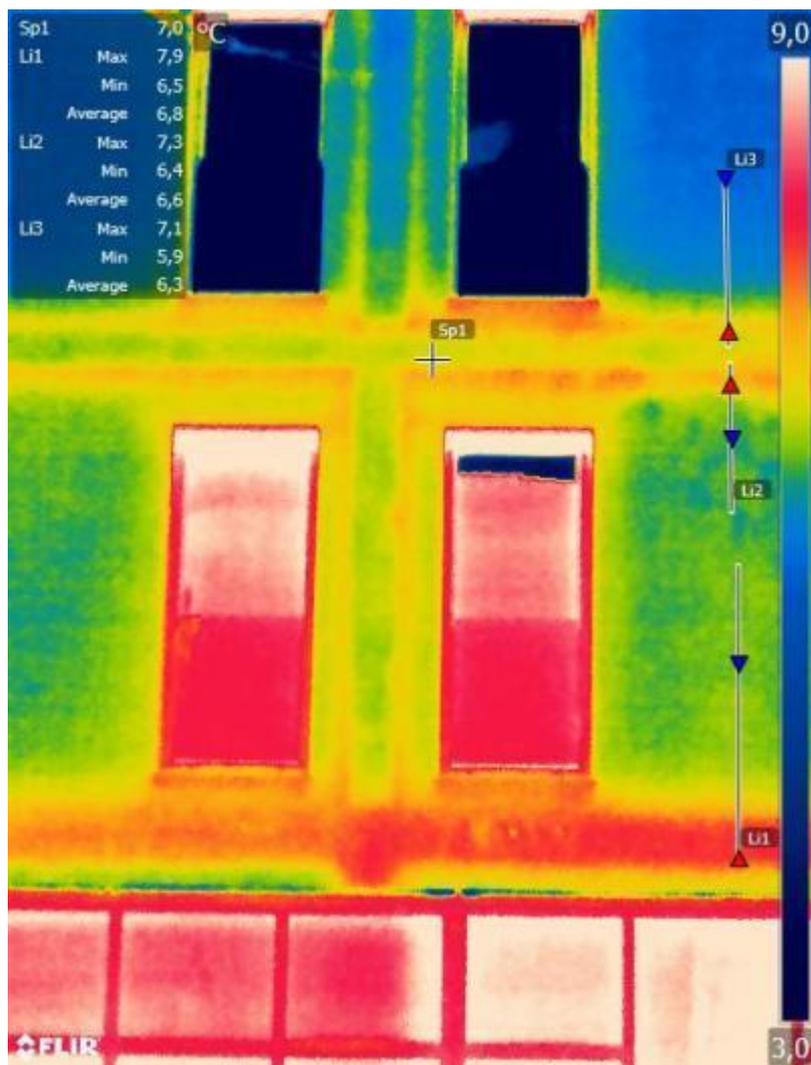
Propuesta: **Estudio básico**

### TERMOGRAFÍA



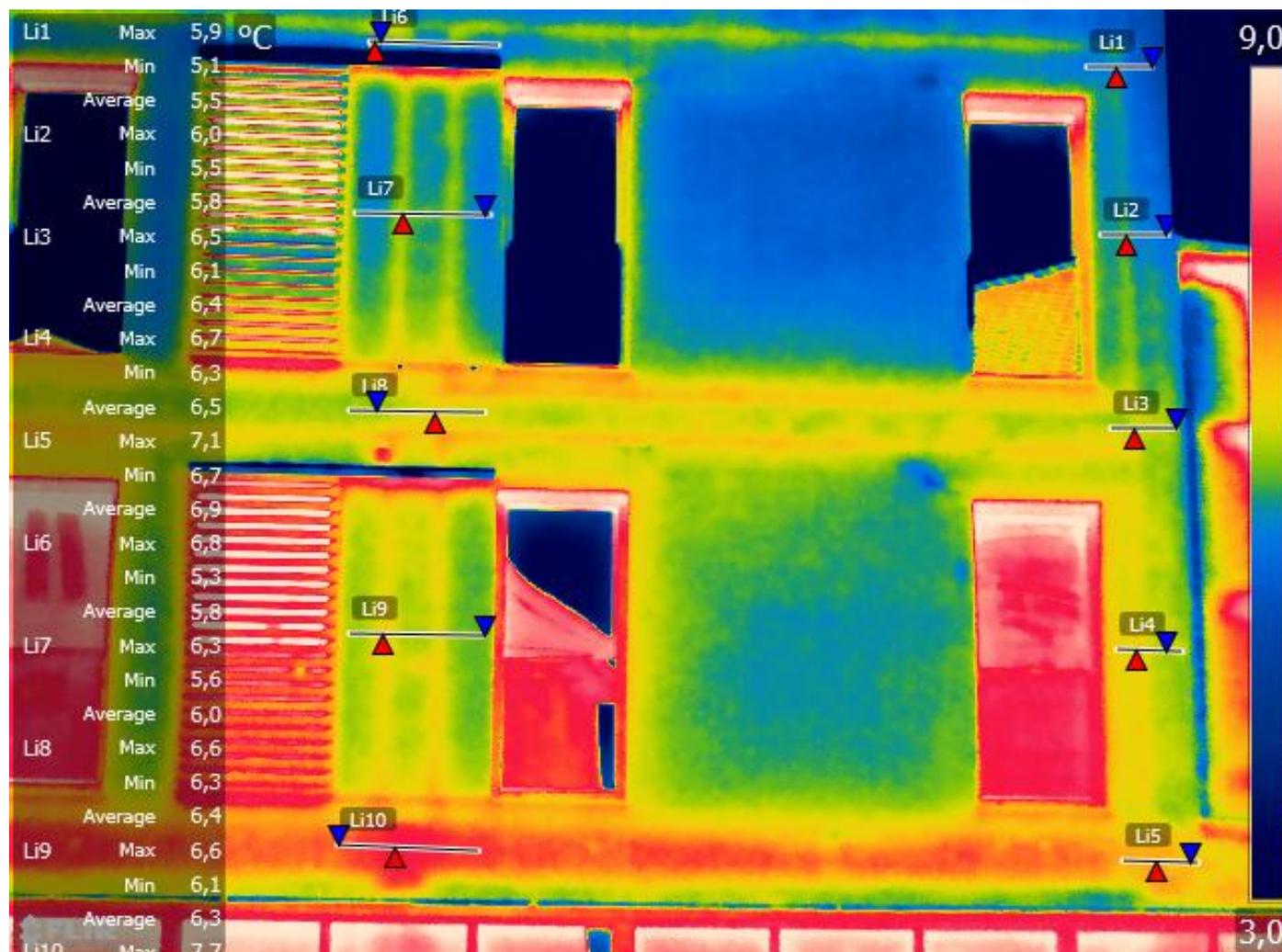
## e. MONITORIZACIÓN DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA

### Resultados Termografías (I)



## e. MONITORIZACIÓN DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA

### Resultados Termografías (II)

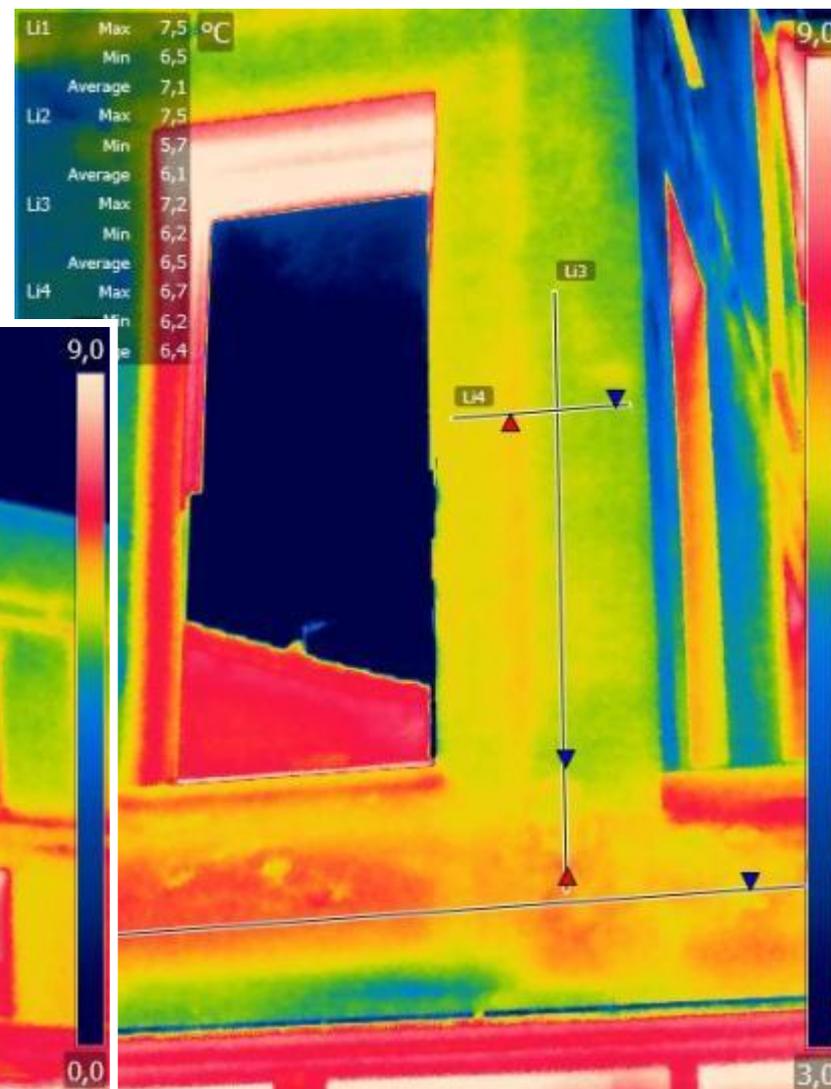


## e. MONITORIZACIÓN DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA

### Resultados Termografías (II)

No se aprecian puentes térmicos significativos: diferencias ext de 1,5°C, no justifican las humedades.

### ¿QUÉ PUEDE HACERSE EN ESTOS CASOS?



## e. MONITORIZACIÓN DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA

Ampliar el ESTUDIO con otras herramientas:

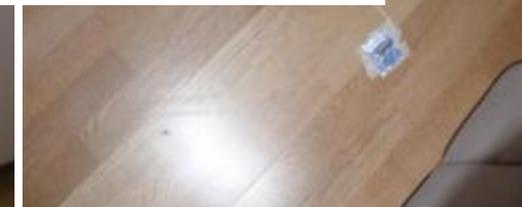
TERMOGRAFÍA



MONITORIZACIÓN



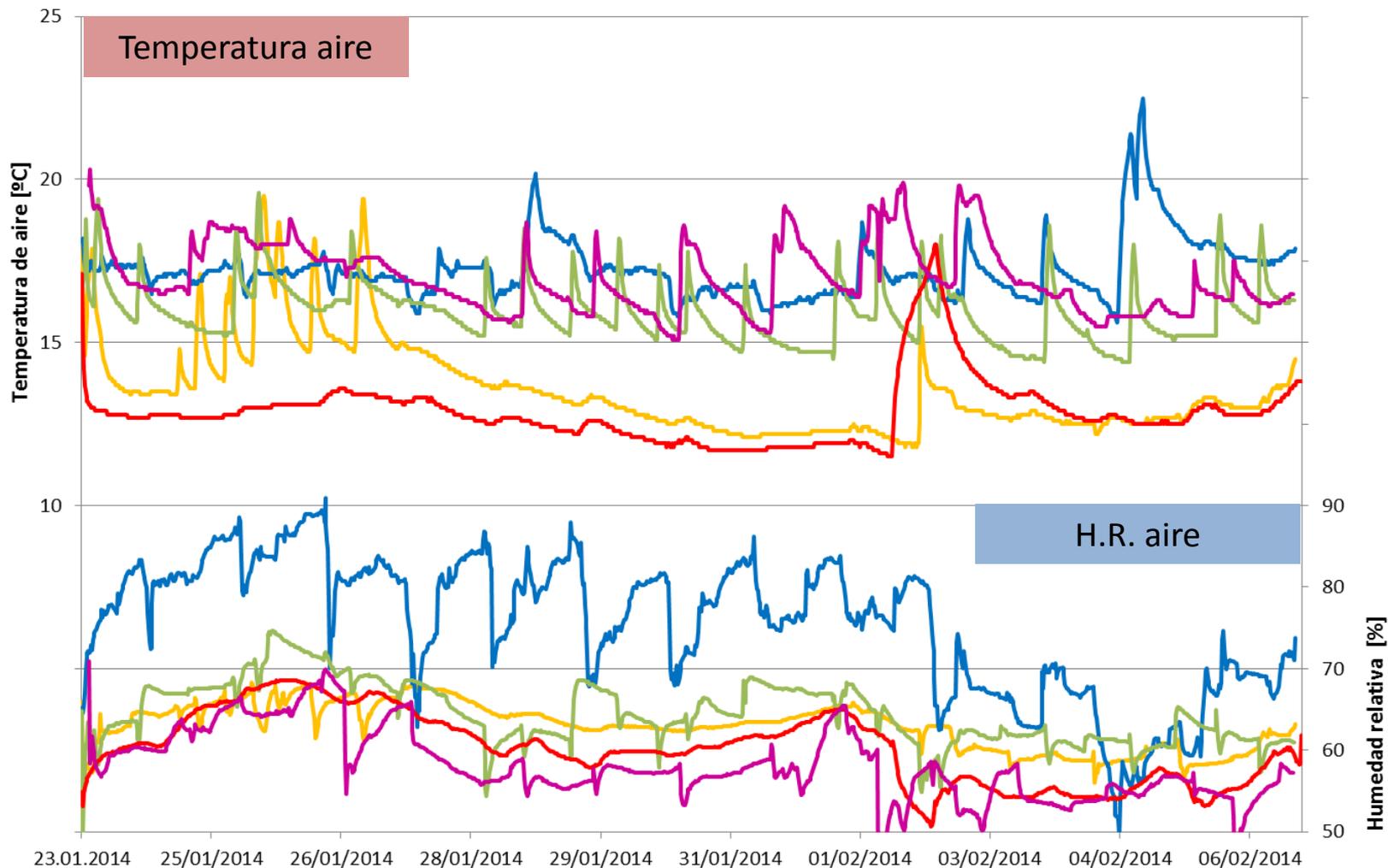
Puentes Térmicos



## e. MONITORIZACIÓN DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA

Resultados Monitorización (I)

Comparativa T y HR de viviendas monitorizadas

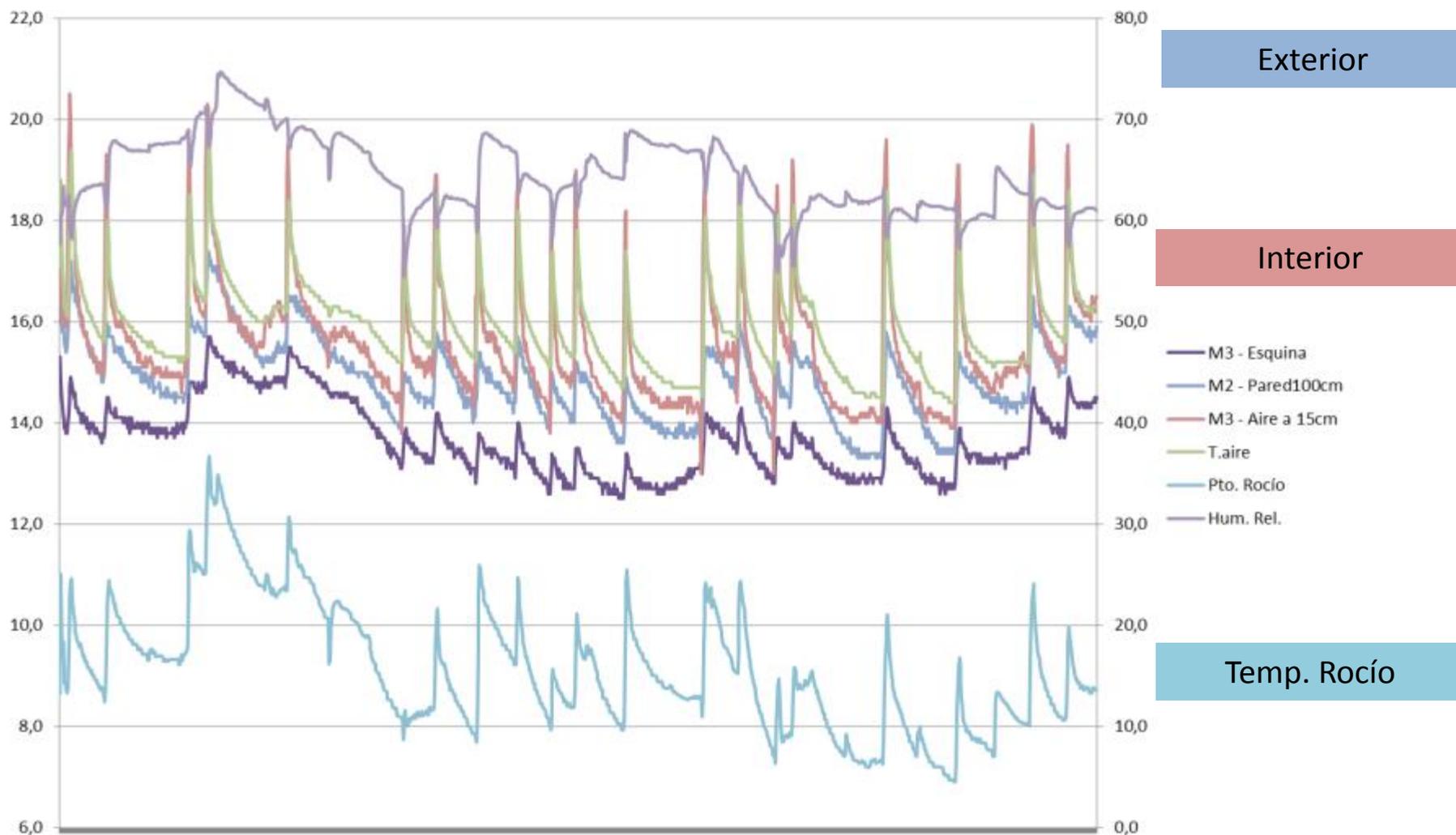


## e. MONITORIZACIÓN DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA

Resultados

Monitorización (II)

T.int en Puente térmico de Forjado



## e. MONITORIZACIÓN DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA

**CONCLUSIONES:** **CUIDADO!! Esto NO se podía detectar sólo con termografía...**

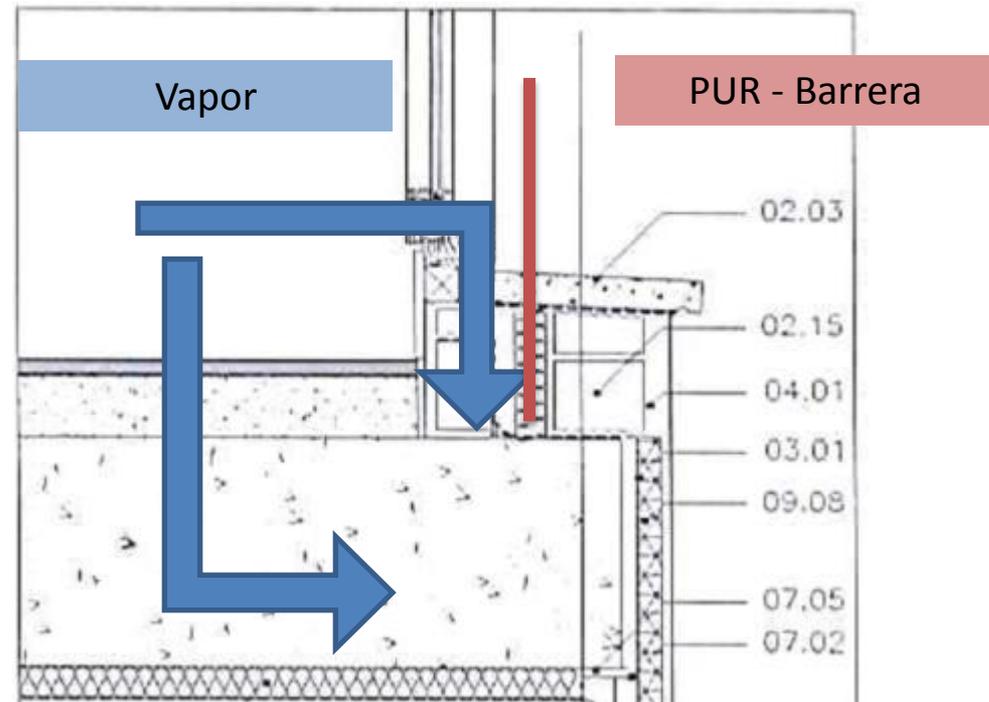
A partir de:

- Monitorización de T y HR en espacios con problemas
- Simulación por elementos finitos del puente térmico

**Permeabilidad del edificio**

**Tres causas combinadas:**

- Puente térmico en pilares y mochetas.
- Poca permeabilidad de la fachada.
- Uso inadecuado de las viviendas



## 4. CONCLUSIONES

### – CADA CASO REQUIERE UN NIVEL DE ACTUACIÓN

- Analizar los objetivos de la rehabilitación
- Planear las mediciones necesarias
- Analizar los resultados de forma global

### – HAY MÚLTIPLES HERRAMIENTAS

- Inspecciones
- Simulación
  - Básicas: Cumplimiento de las exigencias de la normativa vigente.
  - Medio: Estudio por zonas para detectar y mejorar la solución de rehabilitación
  - Específicas:
    - » Comprobación de PT
    - » Confort interior
    - » Estrategias de funcionamiento de los sistemas activos
- Mediciones complementarias o ensayos
  - Termografía
  - Resistencia térmica in-situ
  - Ventilación: Puerta Ventilador y Gases trazadores
  - Monitorización, T y HR, confort ambiental, etc.



**SUSTAINABLE ENERGY  
WEEK 15-19 JUNE 2015**  
Take part in shaping Europe's sustainable energy future



**Juan María Hidalgo Betanzos**

**EUSEW 2015: Herramientas para el diagnóstico térmico de una rehabilitación energética**



Donostia-San Sebastián, Edificio ENERTIC. 18 de Junio de 2015.

*Mila esker denoi! Muchas gracias por su atención.*



**termica@euskadi.eus**



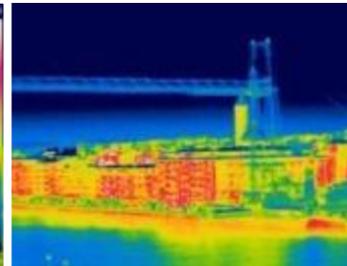
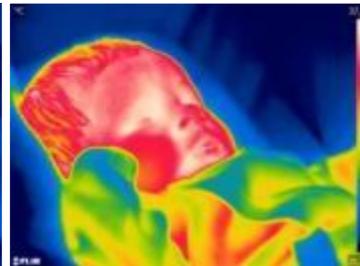
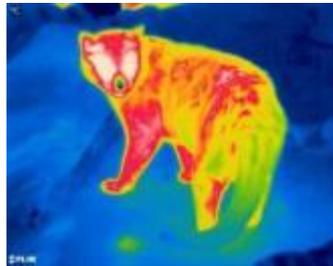
**www.euskadi.net/LCCE**

**EUSKO JAURLARITZA  
GOBIERNO VASCO**

EMPLEGU ETA GIZARTE  
POLITIKETAKO SAIA,  
DEPARTAMENTO DE EMPLEO  
Y POLÍTICAS SOCIALES

Ettegintzaren Kalitatea  
Kontrolatzeko Laborategia

Laboratorio de Control de  
Calidad en la Edificación



eman ta zabal zazu



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea



*Este trabajo ha sido posible gracias al Programa de Formación de Investigadores del DEUI del Gobierno Vasco, con su soporte económico como becario predoctoral.*