



UNIVERSIDAD DE BURGOS

# Transmisión de Calor y Masa en las Envolventes

Sesión 4: 7 de mayo de 2019, Tarde

- Aplicaciones experimentales en edificación
- Caracterización de transmitancia térmica en muros
  - Estanquidad
  - Termografía
- Aplicación. Cálculo de  $U$  en muro ciego

Dr. Roberto Garay Martinez  
Tecnalia, División Building Technologies  
[roberto.garay@tecnalia.com](mailto:roberto.garay@tecnalia.com)  
+34 667 178 958

Beñat Arregi Goikolea  
Tecnalia, División Building Technologies  
[benat.arregi@tecnalia.com](mailto:benat.arregi@tecnalia.com)  
+34 610 742 971



UNIVERSIDAD DE BURGOS

## Documentación

[http://bit.do/SEMINARIO\\_06052019](http://bit.do/SEMINARIO_06052019)

[https://tecnalia365-my.sharepoint.com/:f:/g/personal/roberto\\_garay\\_tecnalia\\_com/EpaHC6\\_PtHFamm09ujWX4dMBYNOfzL4TdJ0W-gCW\\_P2VTw?e=dgTkqS](https://tecnalia365-my.sharepoint.com/:f:/g/personal/roberto_garay_tecnalia_com/EpaHC6_PtHFamm09ujWX4dMBYNOfzL4TdJ0W-gCW_P2VTw?e=dgTkqS)



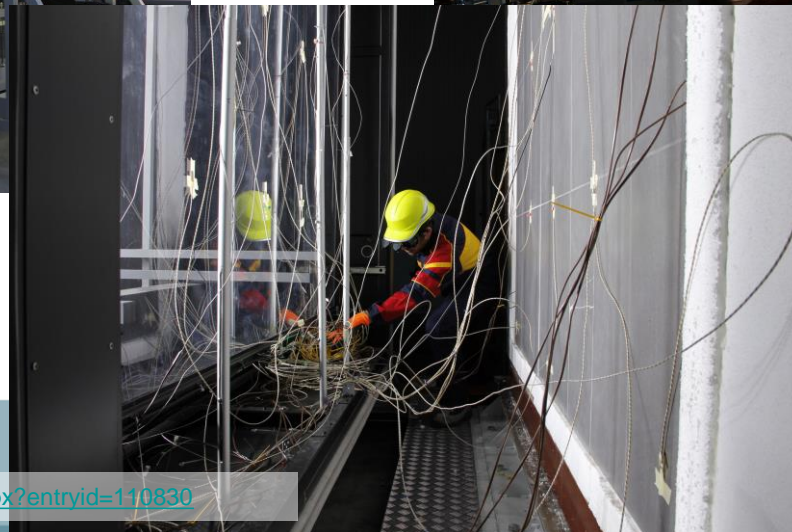


## Aplicaciones experimentales

¿Qué se puede medir?

(bajo condiciones realistas de coste)

(con precisión razonable, en condiciones de ensayo de campo)





## **Aplicaciones experimentales**

¿Qué se puede medir?

(bajo condiciones realistas de coste)

(con precisión razonable, en condiciones de ensayo de campo)

- Estanquidad al aire de la envolvente
  - No hay aperturas, grietas, etc. que incrementen las pérdidas de energía por infiltración.
- Homogeneidad térmica de la envolvente
  - Los detalles constructivos se han ejecutado correctamente
  - (observación de defectos en pruebas de estanquidad)
- Transmitancia térmica de la envolvente
  - El nivel de aislamiento de la envolvente es el correcto



## Aplicaciones experimentales

### Métodos avanzados

(aplicables en campo)

~~(bajo condiciones realistas de coste)~~

(con precisión razonable, en condiciones de ensayo de campo)

#### - Cálculo de coeficiente global de pérdidas H (o HLC)

- Se calefacta todo un edificio a una temperatura superior a la de confort (~30°C)
- Se mide el consumo de calefacción durante un período largo (semanas)
- Se obtiene el HLC

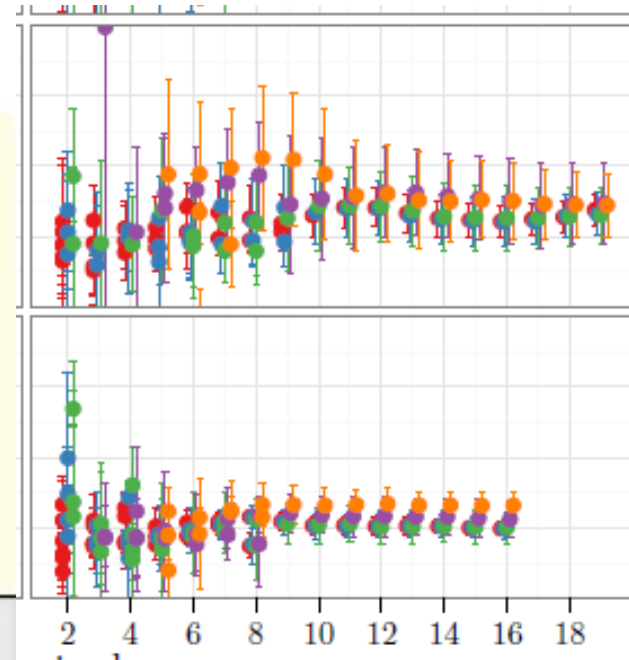
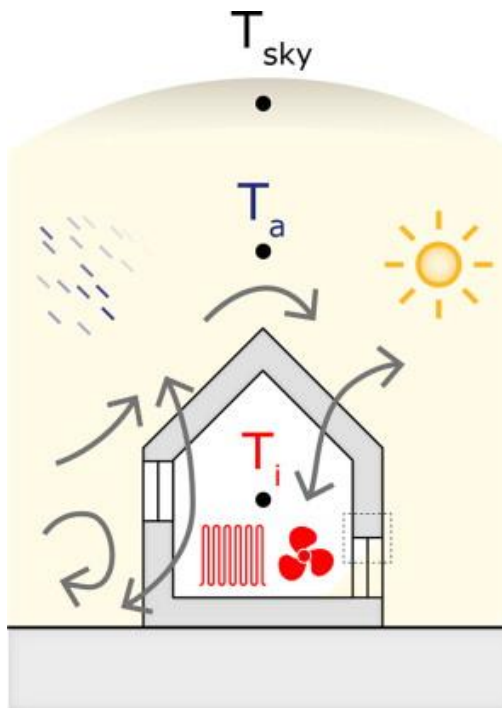
$$HLC = \frac{Energia}{\Delta T * tiempo}$$



## Aplicaciones experimentales

- Cálculo de coeficiente global de pérdidas H (o HLC)

$$HLC = \frac{\text{Energia}}{\Delta T * \text{tiempo}}$$







## Aplicaciones experimentales

### Métodos avanzados

(aplicables en campo)

~~(bajo condiciones realistas de coste)~~

(con precisión razonable, en condiciones de ensayo de campo)

#### - Cálculo de coeficiente global de pérdidas H (o HLC), edificios en uso

- Se monitoriza un edificio en uso durante un período largo de tiempo (meses)
- Se mide la temperatura interior y el consumo de calefacción
- Se obtiene el HLC

$$HLC = \frac{Energia}{\Delta T * tiempo}$$



# Aplicaciones experimentales

## - Cálculo de coeficiente global de pérdidas H (o HLC), edificios en uso

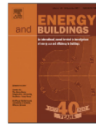


Energy & Buildings 192 (2019) 101–122

Contents lists available at ScienceDirect

Energy & Buildings

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/enbuild](http://www.elsevier.com/locate/enbuild)



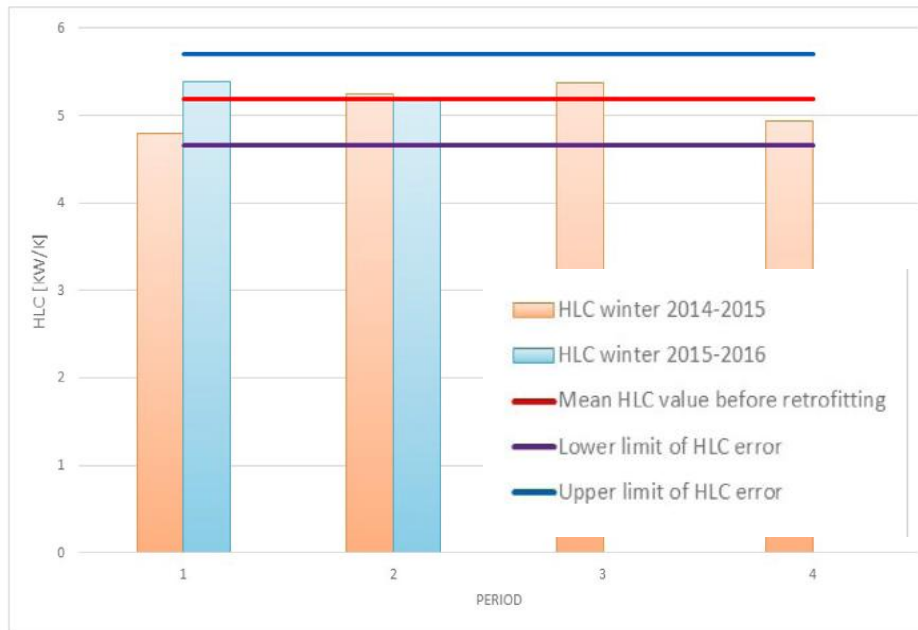
Mathematical development of an average method for estimating the reduction of the Heat Loss Coefficient of an energetically retrofitted occupied office building

Irati Uriarte<sup>a,\*</sup>, Aitor Erkoreka<sup>a</sup>, Catalina Giraldo-Soto<sup>a</sup>, Koldo Martin<sup>a</sup>, Amaia Uriarte<sup>b</sup>, Pablo Eguia<sup>c</sup>

<sup>a</sup> ENEDI Research Group, Department of Thermal Engineering, University of the Basque Country (UPV/EHU), Alda, Urquijo s/n, 48013 Bilbao, Spain

<sup>b</sup> Tecnalia, Sustainable Construction Division, Parque Tecnológico de Biskia, C/Celdo, Edificio 700, 48160 Derio, Spain

<sup>c</sup> Department of Mechanical Engineering, Heat Engines and Fluid Mechanics, School of Industrial Engineering, University of Vigo, 36310 Vigo, Spain



<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.03.006>





# Aplicaciones experimentales

## Métodos avanzados

(Datos de contadores)

### - Cálculo de demanda global del edificio, edificios en uso

- Idealmente datos en frecuencia horaria
- Se aplican diversas fórmulas matemáticas
  - Regresión lineal
  - Redes neuronales
  - Modelización estocástica
  - ...

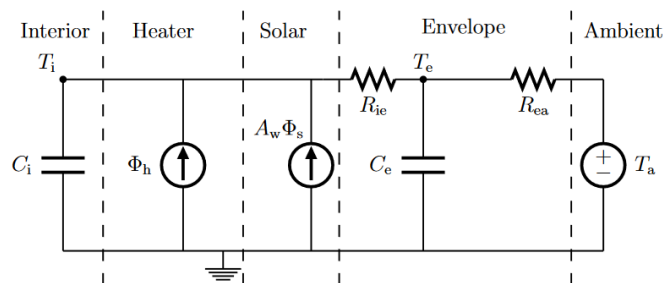
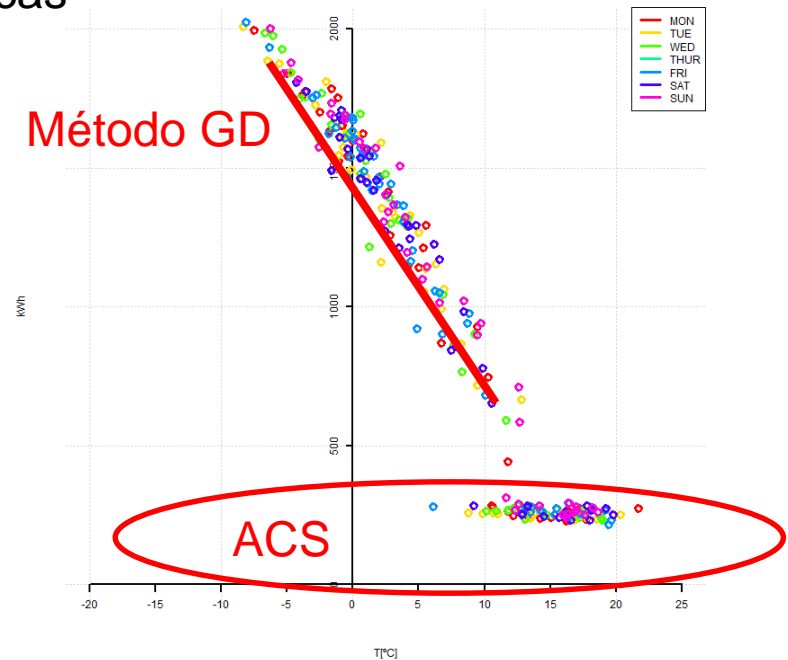


Figure 1.2: RC-network equivalent.

<http://ctsm.info/pdfs/examples/building2.pdf>





UNIVERSIDAD DE BURGOS

# Aplicaciones experimentales

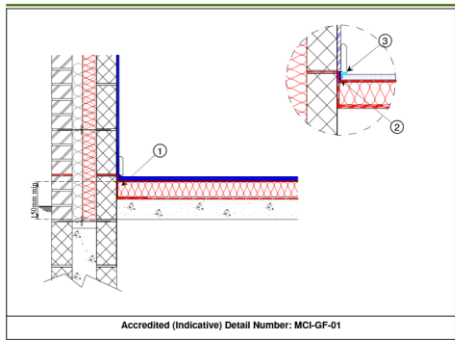
## Métodos avanzados (Edificios experimentales)





## Ensayo de Estanquidad al Aire

- Las pérdidas/ganancias de calor por infiltración son uno de los primeros causas de consumo energético de los edificios.
  - La estanquidad al aire cobra mayor relevancia cuanto mayor es el nivel de aislamiento térmico de la envolvente
- La estanquidad de un edificio es difícilmente predecible en fase de diseño.
  - Existen conjunto de detalles robustos capaces de garantizar altos niveles de estanquidad
  - Está íntimamente vinculado con la calidad de la ejecución



Accredited (indicative) Detail Number: MCI-GF-01

**GENERAL NOTES**

- Ensure that cavities are kept clean of mortar spits or other debris during construction.
- The wall insulation installed below the wall DPC must be fit for purpose with regards to water absorption.

**CHECKLIST (TICK)**

**THERMAL PERFORMANCE OF JUNCTION**

- ☐ Ensure wall insulation is installed at least 150mm below the top of floor insulation.
- ☐ Floor insulation must tightly about the blockwork wall. Ⓢ
- ☐ Ensure that partial fill insulation is secured firmly against the inner leaf of the cavity wall.

Complying with the above checklist items qualifies the builder to claim the  $\Psi$  value given in Table 3 of IP 1:06 and Table K1 of SAP 2005.

**CHECKLIST (TICK)**

**AIR BARRIER CONTINUITY**

- ☐ Seal between the wall and floor air barrier with a flexible sealant. Ⓢ OR seal the gap between the skirting board and the floor using a flexible sealant. Ⓢ
- ☐ Seal all penetrations through air barrier using a flexible sealant.

Complying with all of the above checklist items will help achieve the design air permeability and may effect a reduced testing regime.

**OPTION (TICK)**

**AIR BARRIER OPTIONS**

- ☐ Plaster coat, or
- ☐ Blockwork inner leaf/parging coat applied to internal face of inner leaf with plasterboard over, or
- ☐ Plasterboard on dabs with continuous ribbon of adhesive around all openings, along the top and bottom of the wall, and at internal and external corners.



## Ensayo de Estanquidad al Aire

- La permeabilidad se mide en:
  - caudal de aire por superficie  $\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$  (de envolvente)
  - renovaciones de aire por hora, ACH,  $\text{h}^{-1}$
  - Presión de evaluación normalizada
    - 100Pa (carpinterías)
    - 50Pa (edificios)
- El CTE establece valores límites para la permeabilidad de carpinterías en función de la zona climática (existe clasificación en base a marcado CE, 0-4)

Tabla 2.3 Transmitancia térmica máxima y permeabilidad al aire de los elementos de la envolvente térmica

Parámetro	Zona climática de invierno					
	$\alpha$	A	B	C	D	E
Transmitancia térmica de muros y elementos en contacto con el terreno <sup>(1)</sup> [ $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ ]	1,35	1,25	1,00	0,75	0,60	0,55
Transmitancia térmica de cubiertas y suelos en contacto con el aire [ $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ ]	1,20	0,80	0,65	0,50	0,40	0,35
Transmitancia térmica de huecos <sup>(2)</sup> [ $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ ]	5,70	5,70	4,20	3,10	2,70	2,50
Permeabilidad al aire de huecos <sup>(3)</sup> [ $\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ ]	$\leq 50$	$\leq 50$	$\leq 50$	$\leq 27$	$\leq 27$	$\leq 27$

<sup>(1)</sup> Para elementos en contacto con el terreno, el valor indicado se exige únicamente al primer metro de muro enterrado, o el primer metro del perímetro de suelo apoyado sobre el terreno hasta una profundidad de 0,50m.

<sup>(2)</sup> Se considera el comportamiento conjunto de vidrio y marco. Incluye lucernarios y claraboyas.

<sup>(3)</sup> La permeabilidad de las carpinterías indicada es la medida con una sobrepresión de 100Pa.



## Ensayo de Estanquidad al Aire

- Qué se mide
  - Permeabilidad al aire de la envolvente
  - Excluidos rejillas de ventilación, extractores, sistemas de ventilación, etc. que deberán sellarse
- Principio de medida
  - Generar una sobre/depresión en el edificio
  - Medir el aporte/substracción de aire para mantener esta cond
- Equipamiento
  - Sistema de ventilación permanente que pueda realizar esta función (poco habitual)
  - Puerta soplante, o BlowerDoor







## Ensayo de Estanquidad al Aire

- Operativa
  - Un ventilador introduce/extrae aire del edificio
  - Mediante una apertura variable, se modifican la presión y el caudal
    - Orificios (se abre un número variable de orificios para modular el paso del aire)
    - Diafragmas (se colocan diafragmas de diámetro/geometría variable)

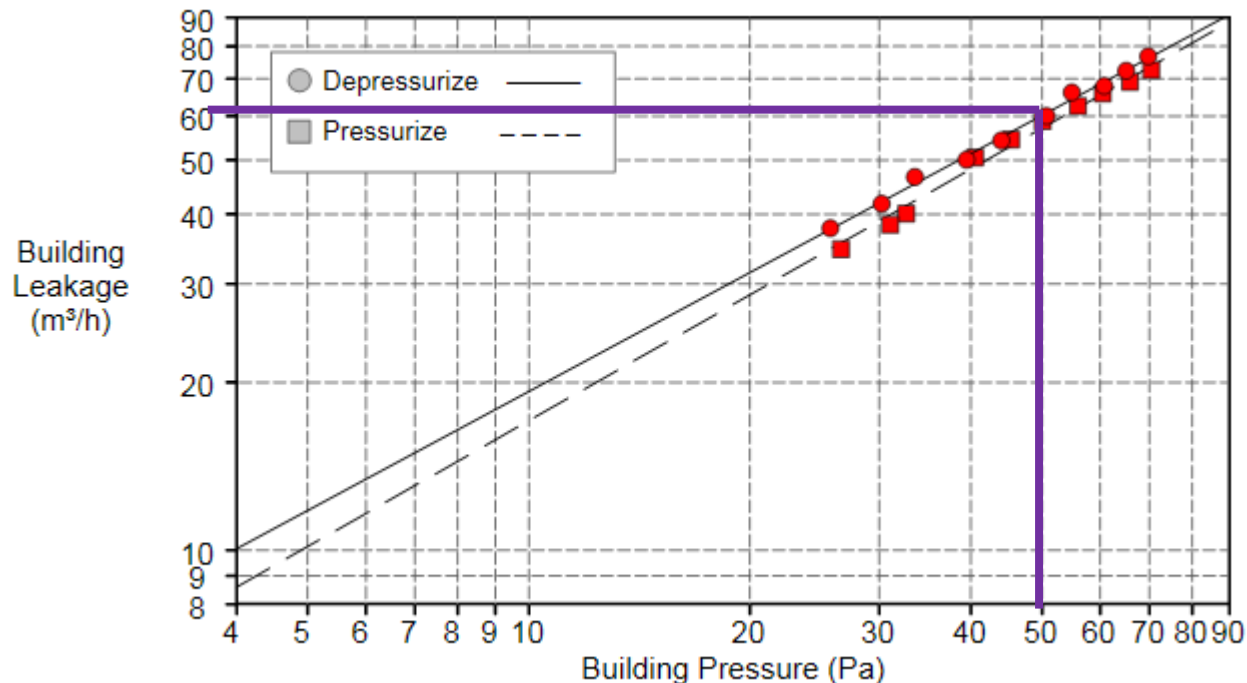






## Ensayo de Estanquidad al Aire

- Operativa (2)
  - Se realizan ensayos de depresión y sobrepresión de forma secuencial
  - Para sobre/depresión variable en un rango amplio (~30-70Pa)
  - Se obtiene la fórmula logarítmica que caracteriza el edificio
  - Se declara la prestación nominal a 50Pa (u otra indicada en normativa)





# Ensayo de Estanquidad al Aire

## BUILDING LEAKAGE TEST

Date of Test: 21.12.11  
Test File: P2S1\_20111221\_definitivo  
Customer:

Technician: Jose Antonio Nuñez  
Building Address: F2S1KUBIK

### Test Results at 50 Pascals:

V50: Airflow (m³/h)  
n50: Air Changes per Hour (1/h)  
w50: m³/(h·m² Floor Area)  
q50: m³/(h·m² Surface Area)

Depressurization	Pressurization	Average
60 (+/- 0.6 %)	57 (+/- 0.8 %)	59
1.48	1.40	1.44
4.93	4.67	4.80
1.07	1.02	1.05

### Leakage Areas:

Canadian EqLA @ 10 Pa (cm²)  
cm³/m² Surface Area  
LBL ELA @ 4 Pa (cm²)  
cm³/m² Surface Area

21.5 (+/- 3.3 %)	19.0 (+/- 4.9 %)	20.3
0.38	0.34	0.36
10.8 (+/- 5.2 %)	9.2 (+/- 7.5 %)	10.0
0.19	0.17	0.18

### Building Leakage Curve:

Air Flow Coefficient (Conv)  
Air Leakage Coefficient (CL)  
Exponent (n)  
Correlation Coefficient

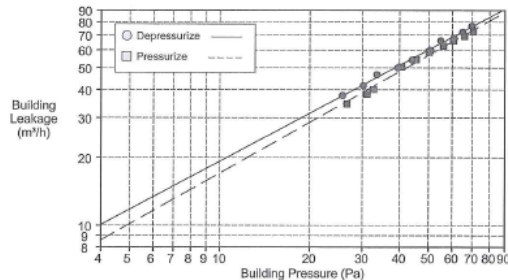
3.7 (+/- 7.9 %)	3.1 (+/- 11.6 %)
3.8 (+/- 7.9 %)	3.0 (+/- 11.6 %)
0.708 (+/- 0.020)	0.749 (+/- 0.029)
0.99679	0.99400

Test Standard: EN 13829  
Type of Test Method: A  
Equipment: Model 4 (230V) Minneapolis Blower Door

Regulation complied with:

Inside Temperature: 24 °C  
Outside Temperature: 12 °C  
Barometric Pressure: 101325 Pa  
Wind Class: 0 Calm  
Building Wind Exposure: Highly Protected Building  
Type of Heating: Fan Coil, Apagado  
Type of Air Conditioning: Fan Coil, Apagado  
Type of Ventilation: None

Volume: 41 m³  
Surface Area: 56 m²  
Floor Area: 12 m²  
Uncertainty of Building Dimensions: 1 %  
Year of Construction: 2010



## BUILDING LEAKAGE TEST Page 2

Date of Test: 21.12.11 Test File: P2S1\_20111221\_definitivo

### Comments

### Data Points: Depressurization:

Nominal Building Pressure (Pa)	Fan Pressure (Pa)	Nominal Flow (m³/h)	Temperature Adjusted Flow (m³/h)	% Error	Fan Configuration
-0.1	n/a				
-69.8	40.1	79	77	0.9	Ring D
-65.1	36.6	74	72	-0.2	Ring D
-60.8	31.4	70	68	-1.6	Ring D
-54.9	29.9	68	66	3.0	Ring D
-50.7	24.5	62	60	-1.2	Ring D
-44.1	20.1	56	54	-1.2	Ring D
-39.5	17.1	51	50	-1.4	Ring D
-33.6	87.5	48	47	3.0	Ring E
-30.3	70.5	43	42	-0.8	Ring E
-25.8	58.0	39	38	0.4	Ring E
-0.1	n/a				

Test 1 Baseline (Pa): p01 = -0.1 p01+ = 0.0 p02 = -0.2 p02+ = 0.1

### Data Points: Pressurization:

Nominal Building Pressure (Pa)	Fan Pressure (Pa)	Nominal Flow (m³/h)	Temperature Adjusted Flow (m³/h)	% Error	Fan Configuration
0.1	n/a				
70.4	32.3	71	72	-1.5	Ring D
65.8	29.4	67	69	-1.3	Ring D
60.5	26.7	64	66	0.2	Ring D
56.0	24.1	61	62	0.9	Ring D
50.1	21.3	57	59	3.0	Ring D
45.4	18.3	53	54	2.9	Ring D
40.5	15.8	49	50	3.9	Ring D
32.6	58.1	39	40	-3.0	Ring E
31.0	54.0	37	38	-3.9	Ring E
26.6	44.5	34	35	-2.3	Ring E
-0.1	n/a				

Test 1 Baseline (Pa): p01 = -0.1 p01+ = 0.1 p02 = -0.2 p02+ = 0.0

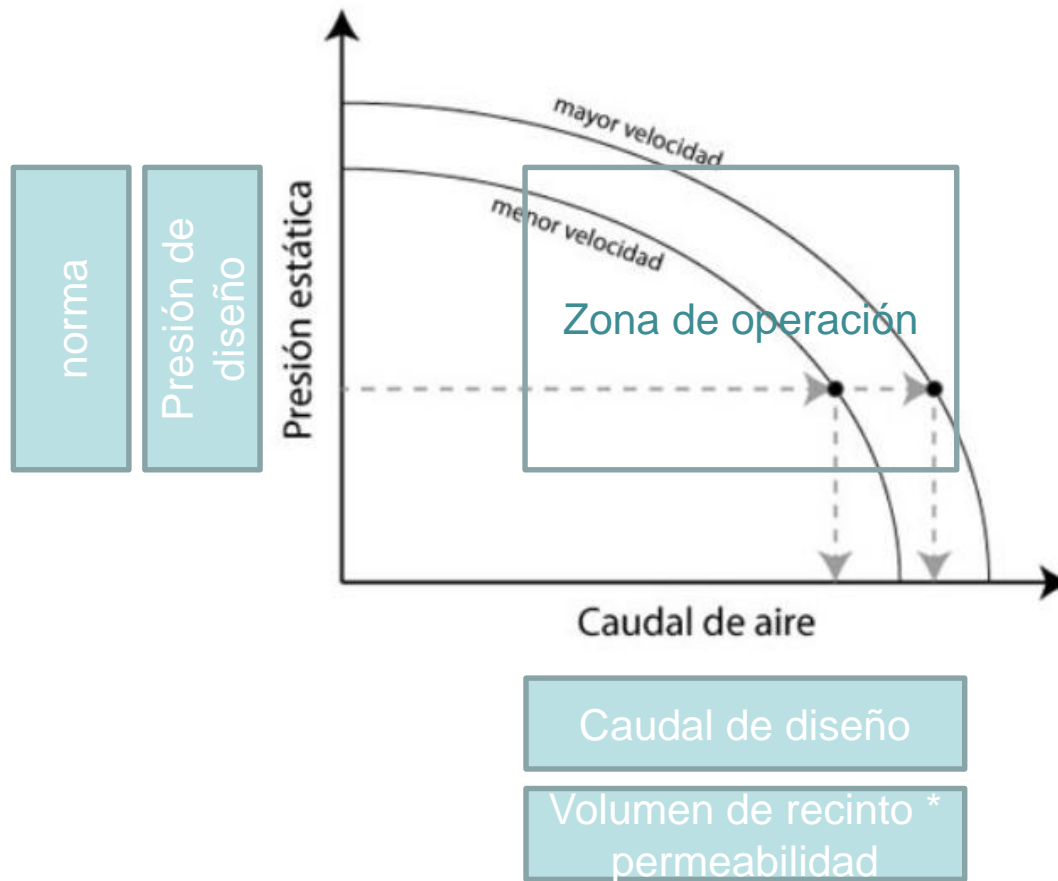


## Ensayo de Estanquidad al Aire

- Estanquidad al aire, referencias comunes:
  - España 3-5 ACH n50 ~0,15-0,25 ACH
  - Alemania <3 ACH n50 ~<0,15 ACH
  - Passivhaus <0,6 ACH n50 ~<0,03 ACH
- Problemas habituales en el test
  - Falta de estabilización de la presión: Recinto muy pequeño o equipo operando muy por debajo/encima de su punto de diseño
  - Falta de potencia para alcanzar presión de ensayo: Recinto muy grande para el equipo empleado, o recinto poco estanco.



## Ensayo de Estanquidad al Aire





UNIVERSIDAD DE BURGOS

## Ensayo de Estanquidad al Aire

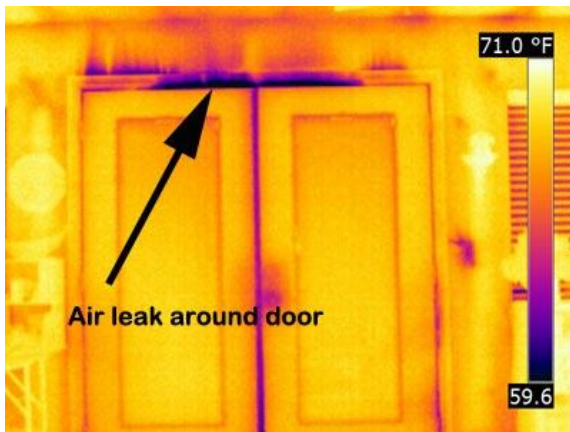






## Ensayo de Estanquidad al Aire

- Detección de fugas
  - Termografía. Si  $T^a$  ambiental sustancialmente distinta de interior, y blowerdoor instalado durante período largo (>3-5h)
  - Lapiz de humo.
- Se recomienda realizar ensayos durante fases tempranas de construcción
  - Previo a la colocación de los acabados
  - Facilita la identificación y corrección de fugas
  - Reduce costes asociados a reparación

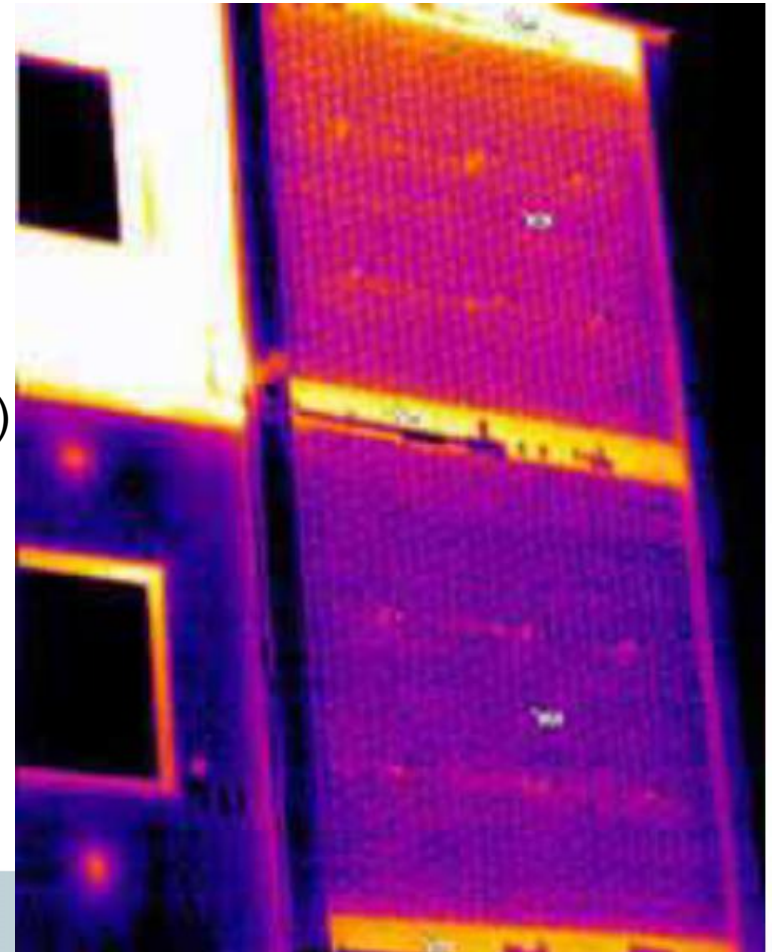






## Termografía Infrarroja

- Debido a múltiples causas, la transmisión de calor a través de una envolvente no es homogénea
  - Distintos elementos constructivos
  - Encuentros entre elementos
  - Transiciones geométricas, esquinas, etc.
  - DEFECTOS.
- La termografía infrarroja
  - Permite medir el campo de temperaturas circundante (al observador)
  - Es un método no intrusivo





## Termografía Infrarroja

- Equipos
  - En origen, eran necesarias inversiones elevadas ( $>10.000\text{€}$ )
  - Actualmente, existe gran variedad de equipos, (500€-)
    - Incluso añadidos para smartphones





UNIVERSIDAD DE BURGOS

## Termografía Infrarroja





## Termografía Infrarroja

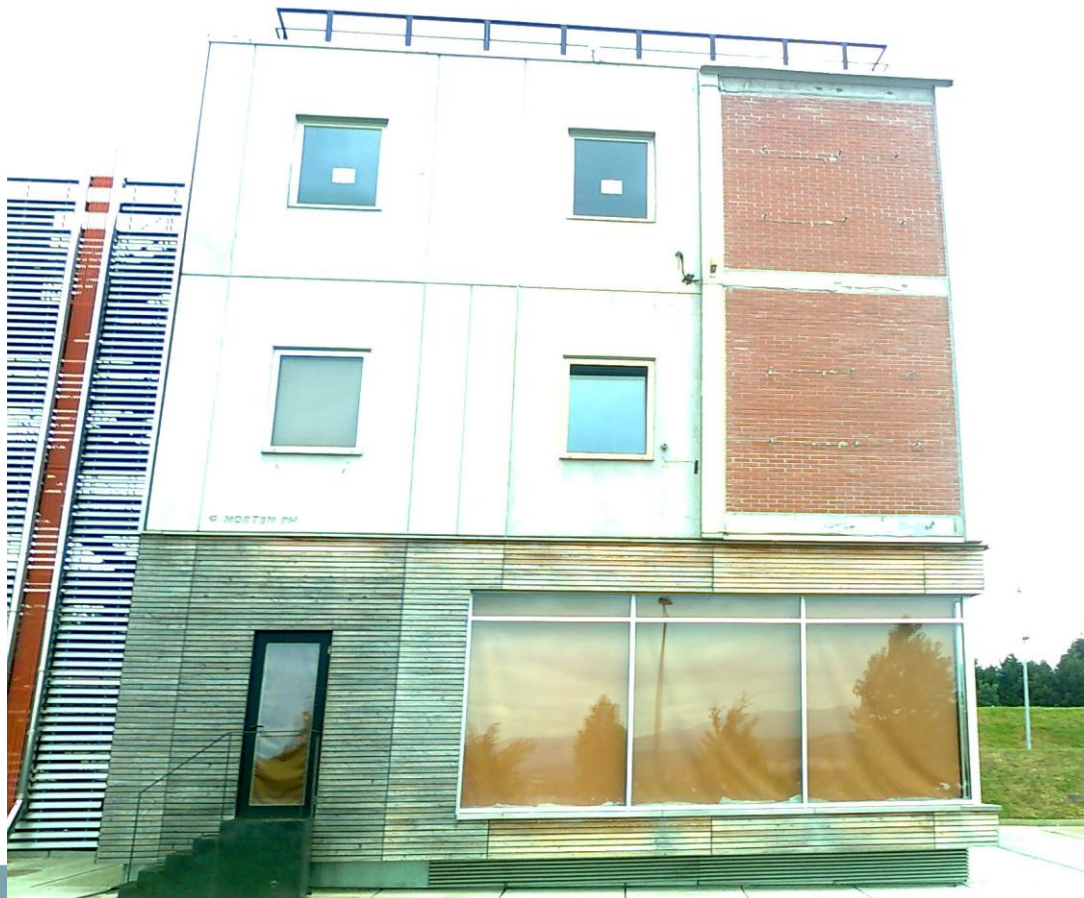
- Temas a considerar
  - Se mide la radiación recibida por la cámara.
    - Materiales de distinta emisividad, a la misma temperatura, tendrán “color” distinto
    - Los materiales reflectantes (metales, vidrios,...) reflejan la “temperatura” del cielo/elementos circundantes
  - Se mide la temperatura superficial
    - Las superficies soleadas deben dejarse estabilizar previo a la termografía
  - Se deben facilitar las condiciones para observar defectos
    - Debe existir un gradiente térmico relevante entre el edificio y su entorno
    - Primeras horas de la mañana tras noche fría
  - Efecto esquina
    - Las termografías tienden a falsear la medida en los bordes de la foto, y/o en esquinas
  - Humedad
    - Los elementos constructivos húmedos transmiten más calor que los secos





UNIVERSIDAD DE BURGOS

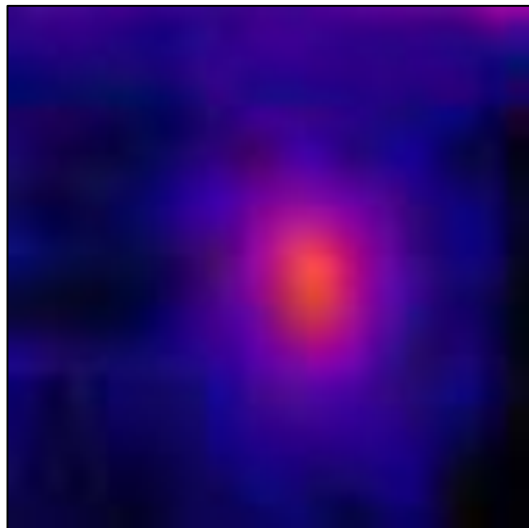
# Termografía Infrarroja



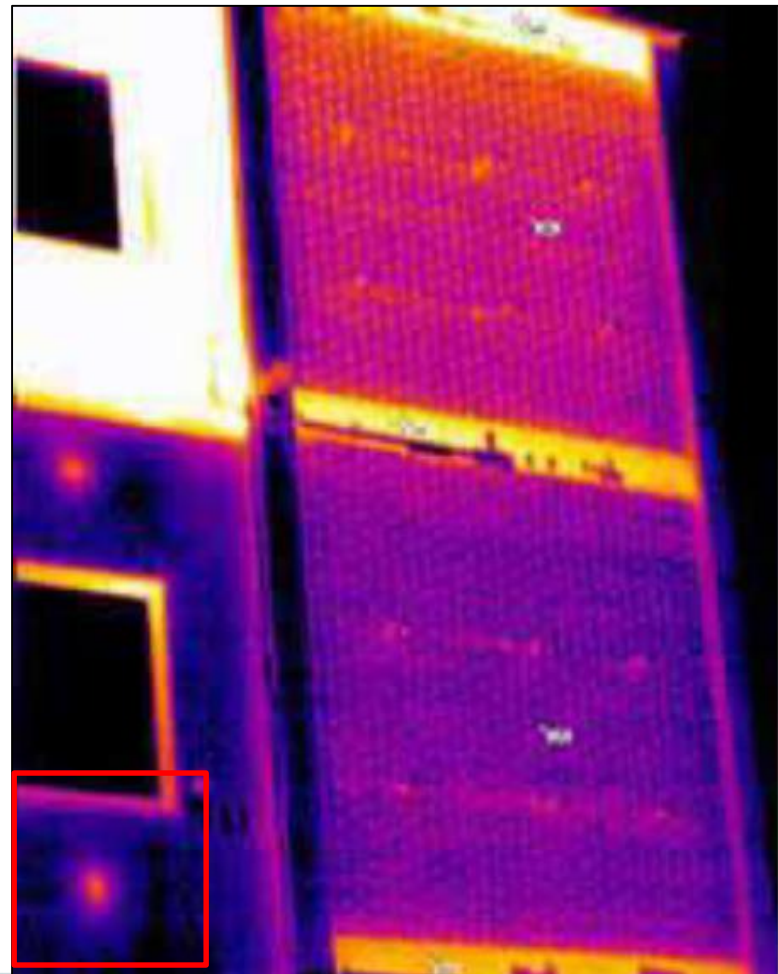


UNIVERSIDAD DE BURGOS

## Termografía Infrarroja



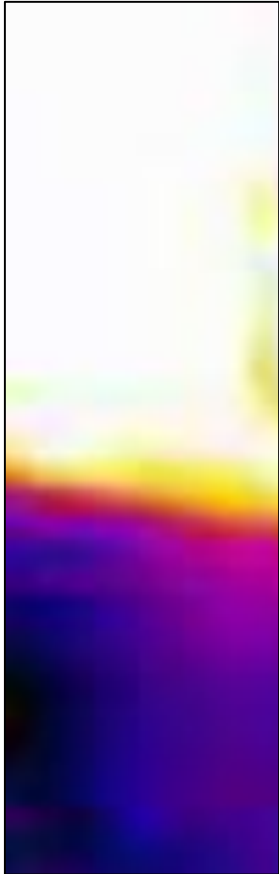
Anclaje metálico a través de capa de aislamiento en prefabricado de hormigón





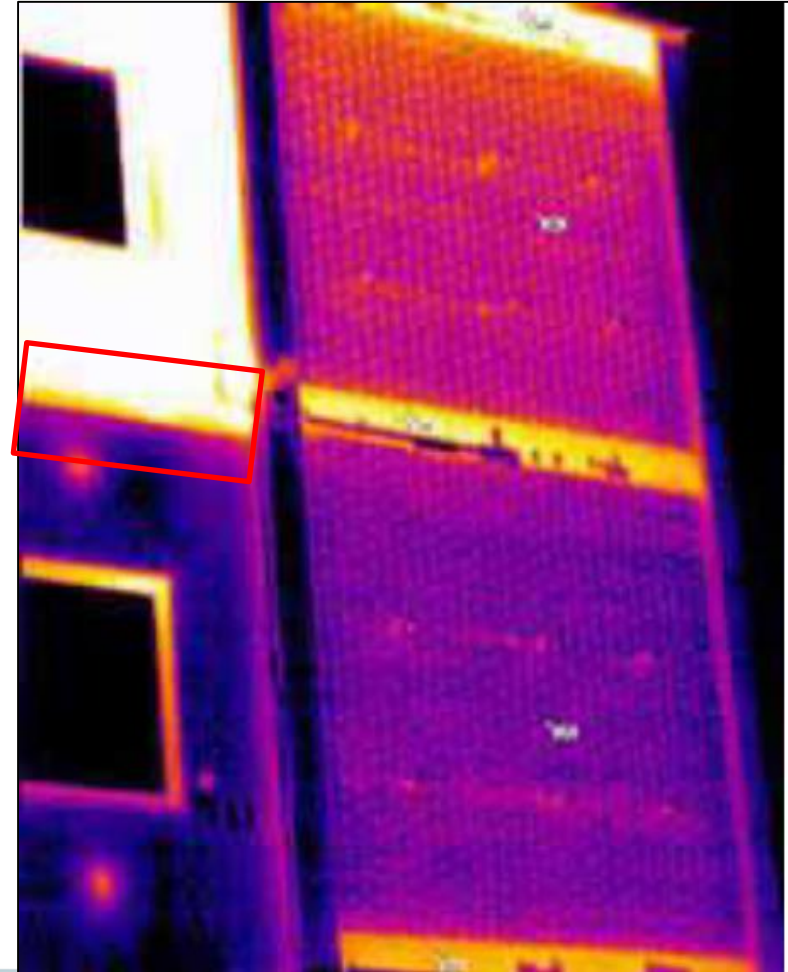


## Termografía Infrarroja



Fachada No AISLADA  
 $U \sim 2 \text{ W/m}^2\text{K}$

Fachada AISLADA  
 $U \sim 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$

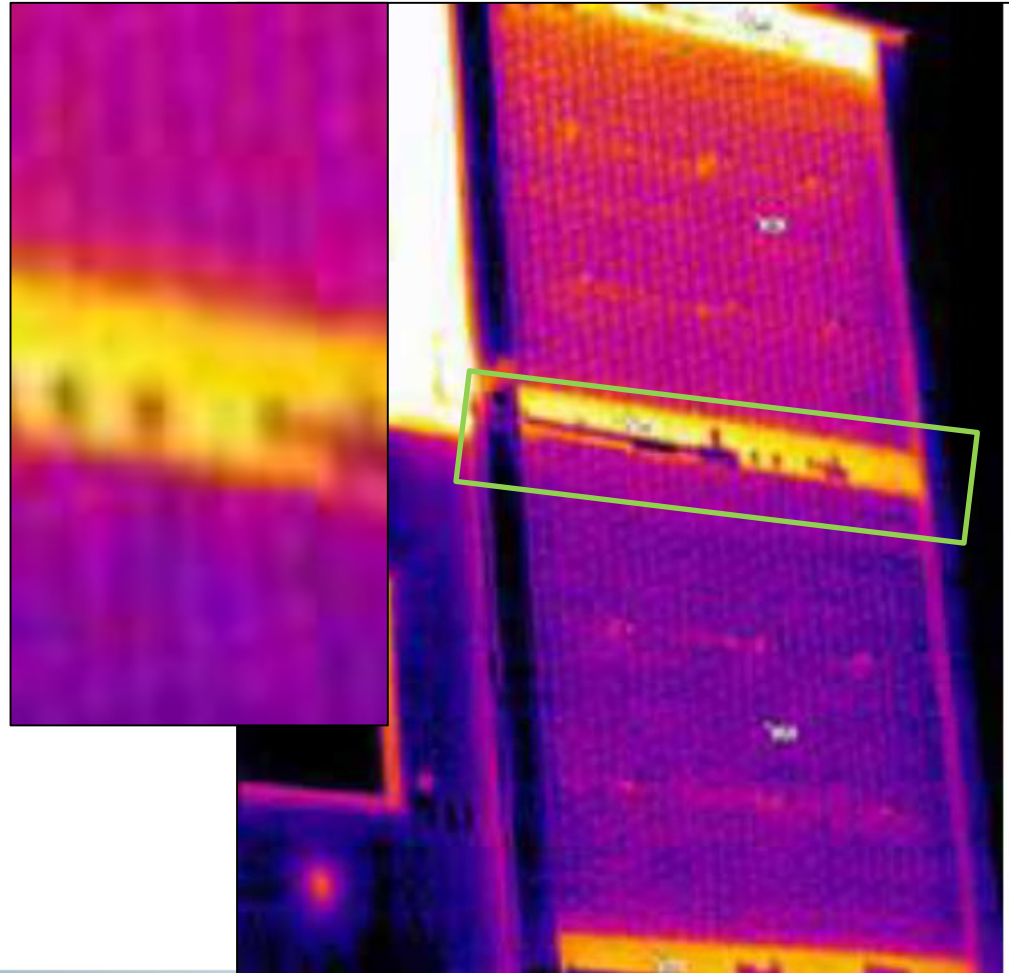




## Termografía Infrarroja

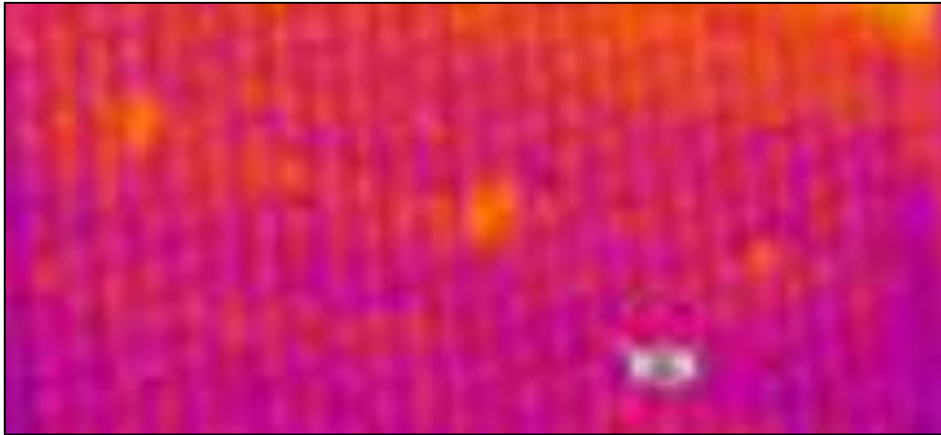
Frente de forjado  
Puente térmico a través de  
cámara de aire  
(diferente emisividad que fábrica  
de ladrillo)

Puntos oscuros: cinta americana  
(diferente emisividad)

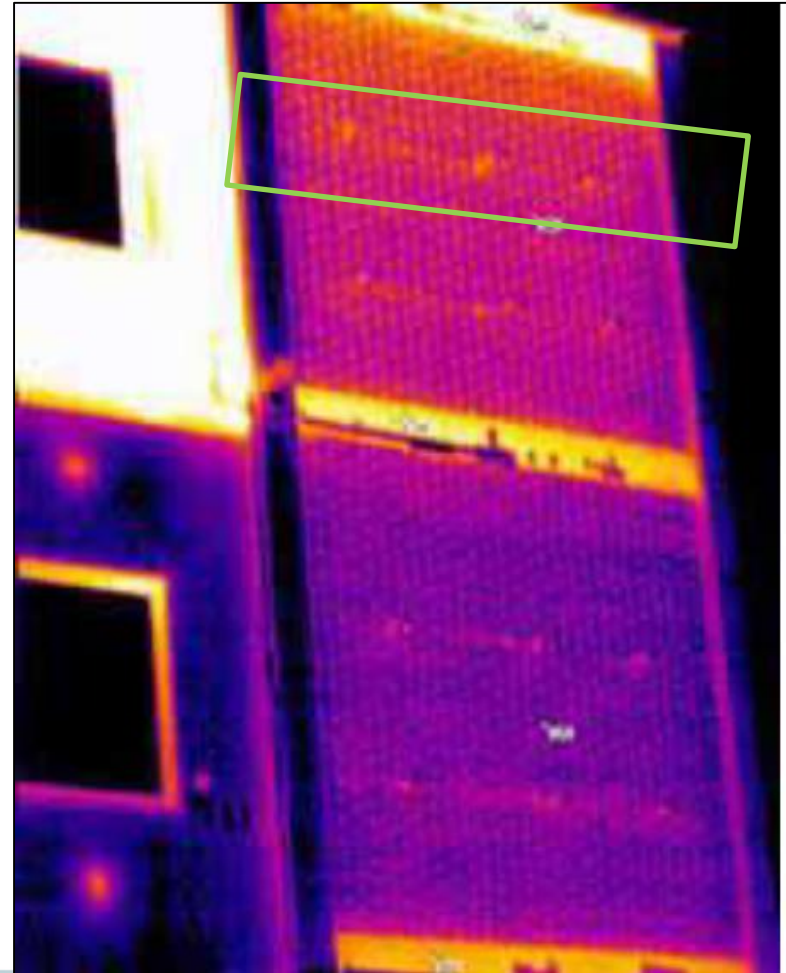




## Termografía Infrarroja



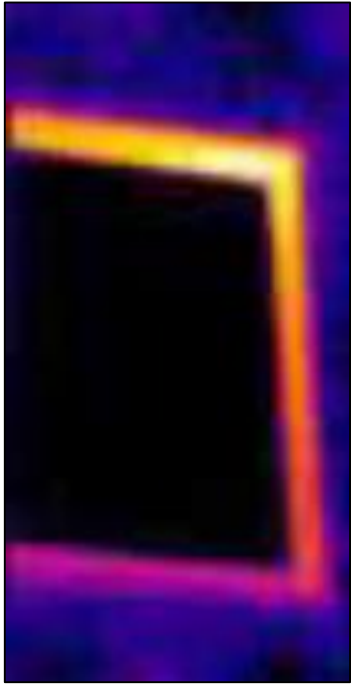
Puntos claros: cable y cinta americana  
(diferente emisividad)



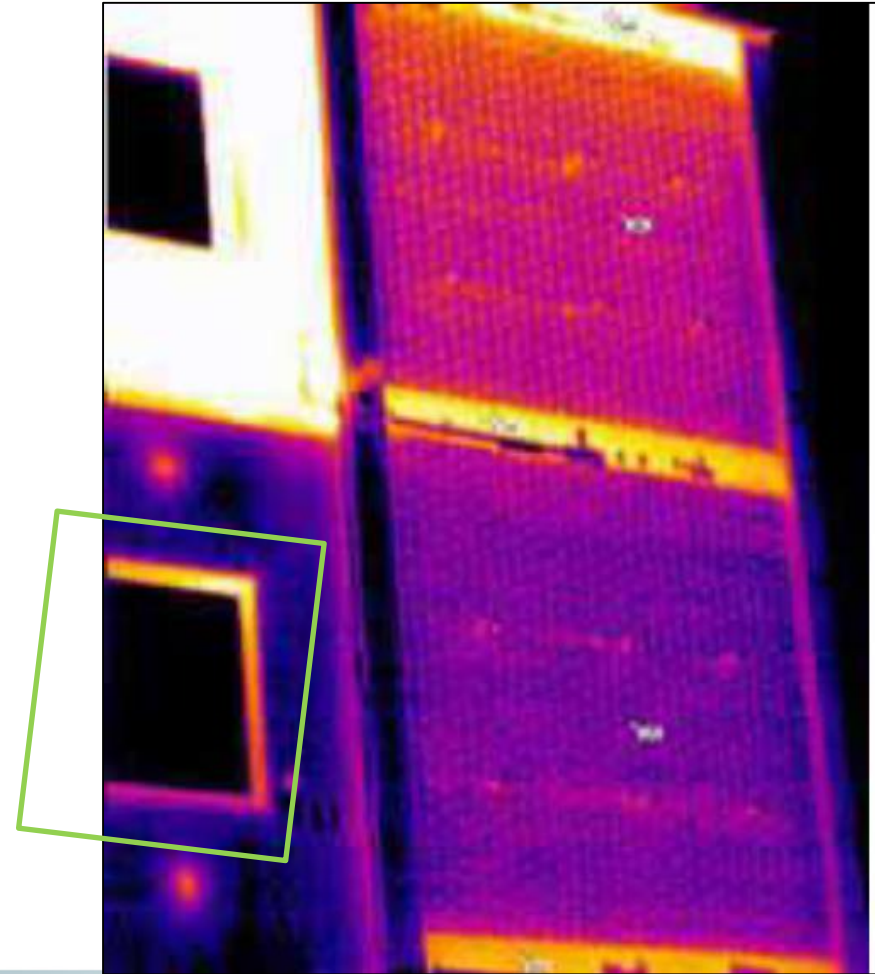


UNIVERSIDAD DE BURGOS

## Termografía Infrarroja



Distinta emisividad marco.  
Puente térmico.





## **Termografía Infrarroja**

- En general
  - Técnica cualitativa
  - Fácil inspección de grandes superficies
  - Debe realizarse un análisis detallado del material y evitar las conclusiones aceleradas
    - Corregir emisividad /descartar heterogeneidades por emisividad
    - ¿Qué se vería en caso de tener una ejecución correcta?





## Transmitancia Térmica

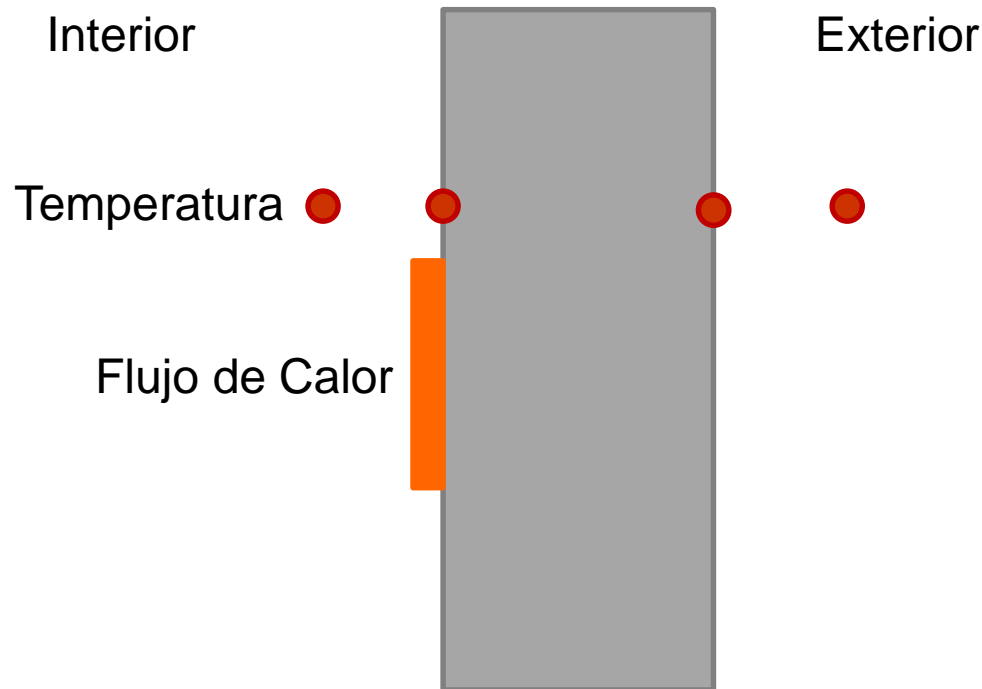
- Verificación in-situ de niveles de aislamiento térmico en elementos constructivos
  - Condiciones de unidimensionalidad
    - Superficie plana
    - Alejado de encuentros con otros Sistemas constructivos
    - No afectados por puentes térmicos internos de los elementos constructivos
- ISO 9869-1:2014 Thermal insulation -- Building elements -- In-situ measurement of thermal resistance and thermal transmittance -- Part 1: Heat flow meter method
  - Norma ISO ratificada por AENOR (sin traducción)
  - Cálculo de  $U / R$  a partir de medidas in-situ





## Transmitancia Térmica

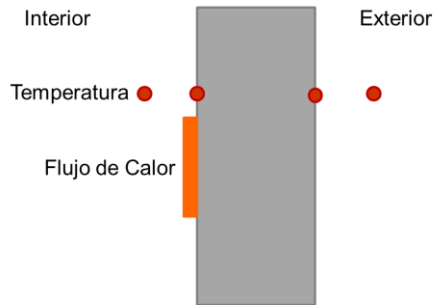
- Método no destructivo basado en la medida local de temperatura y flujo de calor superficial





## Transmitancia Térmica

- Método no destructivo basado en la medida local de temperature y flujo de calor superficial



<https://www.greenteg.com/U-Value/>



[https://www.hukseflux.com/uploads/product-documents/TRSYS01\\_v1807.pdf](https://www.hukseflux.com/uploads/product-documents/TRSYS01_v1807.pdf)



## Transmitancia Térmica

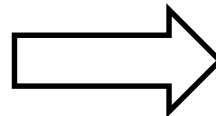
- Temas a considerar
  - U/R son métricas que no consideran fenómenos transitorios
    - Acumulación térmica en elementos constructivos
    - Oscilaciones de condiciones de contorno
  - En la vida real
    - Los elementos constructivos son másicos/inerciales, acumulan calor.
    - Las condiciones ambientales son inherentemente cambiantes.
- ISO 9869-1:2014 busca filtrar los fenómenos transitorios mediante el uso de técnicas de promediado



## Transmitancia Térmica

- ISO 9869-1:2014 busca filtrar los fenómenos transitorios mediante el uso de técnicas de promediado
  - Se promedian períodos largos de tiempo para reducir el impacto de los transitorios
  - Se reformulan las formulas de la UNE-EN ISO 6946

$$R = \frac{T_{si} - T_{se}}{q} = \frac{1}{\Lambda}$$



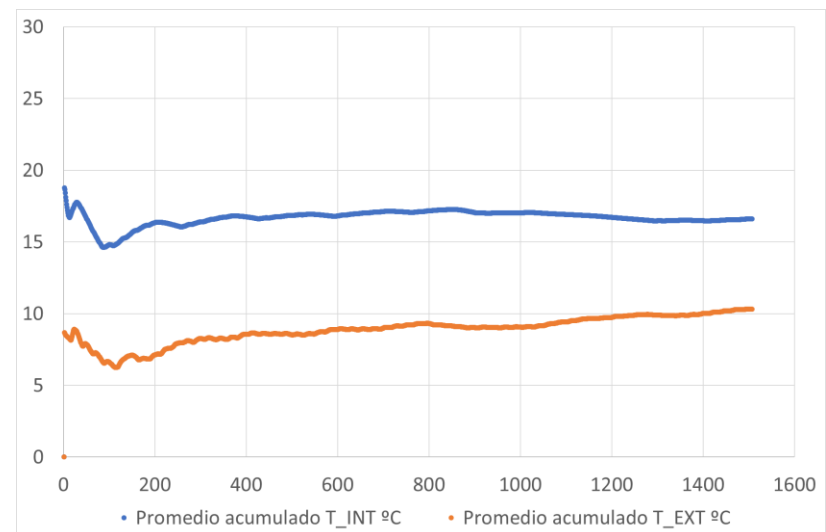
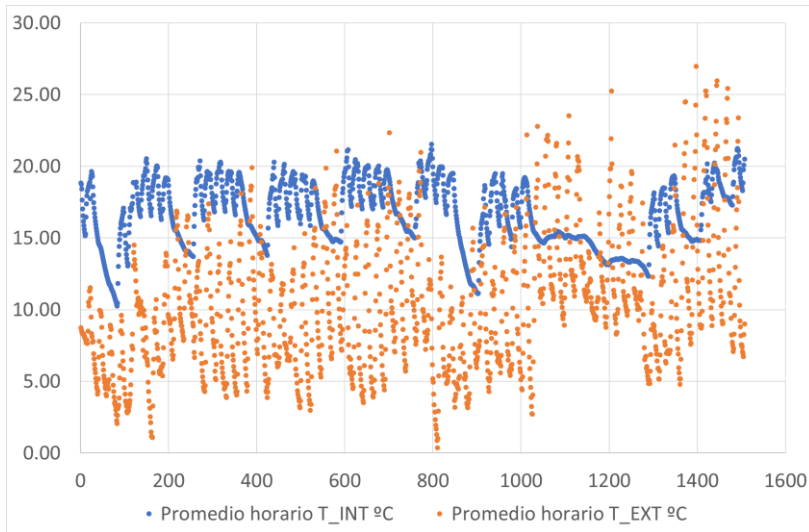
$$U = \frac{q}{(T_i - T_e)} = \frac{1}{R_T}$$

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



## Transmitancia Térmica

- ISO 9869-1:2014 busca filtrar los fenómenos transitorios mediante el uso de técnicas de promediado
  - Se promedian períodos largos de tiempo para reducir el impacto de los transitorios
  - Se reformulan las formulas de la UNE-EN ISO 6946
- Cuanto mayor sea el período de promediado, menor la oscilación

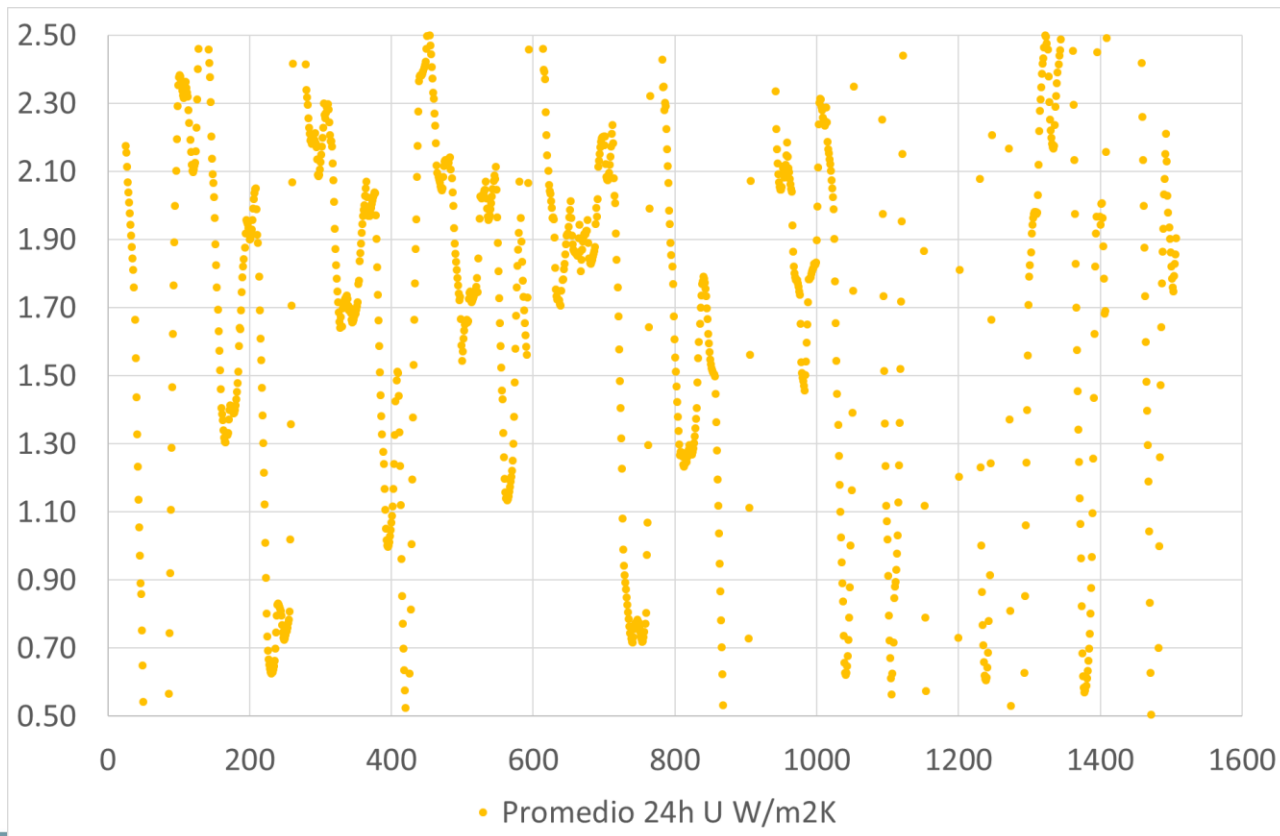






## Transmitancia Térmica

- ¿Qué pasa si aplicamos la formula 6946 s/ datos promedio diario?
  - Resultado aleatorio





## Transmitancia Térmica

- Consideraciones generales del método
  - El calor almacenado en el muro es el mismo antes y después del experiment
    - Misma distribución de Temperatura y HR
  - La sonda de flujo de calor no está expuesta al sol
- Elementos (MUY) ligeros ( $<20\text{kJ/m}^2\text{K}$ )
  - Emplear solo datos nocturnos
  - Válido cuando los resultados de 3 noches consecutivas difieren menos de  $\pm 5\%$
- Resto de elementos
  - Ensayo de más de 72h
  - Valor de R no se desvía más de 5% s/ el obtenido 24h antes
  - 2/3 iniciales y 2/3 finales de la secuencia resultan en valores de R con diferencia  $<5\%$
  - Cambios en el calor acumulado en el muro no superior al 5%



## Transmitancia Térmica

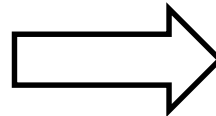
- Temas a considerar
  - Muros muy másicos presentan dificultades en converger
    - Gran acumulación térmica
  - Muros muy aislados presentan dificultades en converger
    - Valor U muy pequeño
    - Error relative muy grande
  - Muros muy másicos y aislados ??



## Transmitancia Térmica

- ISO 9869-1:2014 busca filtrar los fenómenos transitorios mediante el uso de técnicas de promediado
  - Se promedian períodos largos de tiempo para reducir el impacto de los transitorios
  - Se reformulan las formulas de la UNE-EN ISO 6946

$$R = \frac{T_{si} - T_{se}}{q} = \frac{1}{\Lambda}$$



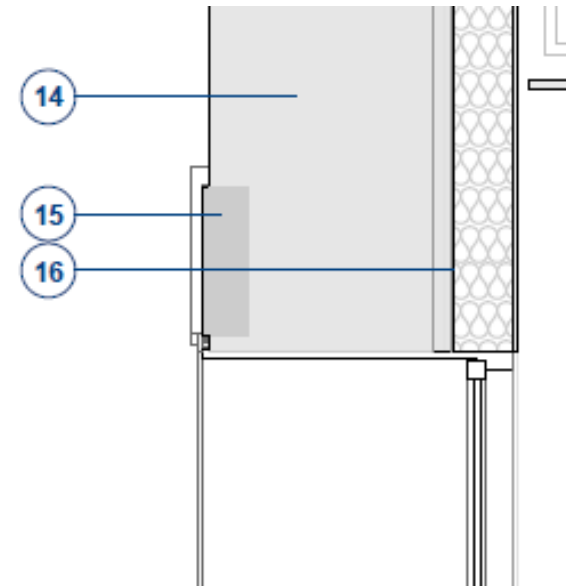
$$U = \frac{q}{(T_i - T_e)} = \frac{1}{R_T}$$

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



## Caso práctico 4

- Aulario 3 (muro existente)



14. Muro de mamposteria existente 65 cm





UNIVERSIDAD DE BURGOS

## **Documentación (recordatorio)**

**[http://bit.do/SEMINARIO\\_06052019](http://bit.do/SEMINARIO_06052019)**

**[https://tecnalia365-my.sharepoint.com/:f:/g/personal/roberto\\_garay\\_tecnalia\\_com/EpaHC6\\_PtHFamm09ujWX4dMBYNOfzL4TdJ0W-gCW\\_P2VTw?e=dgTkqS](https://tecnalia365-my.sharepoint.com/:f:/g/personal/roberto_garay_tecnalia_com/EpaHC6_PtHFamm09ujWX4dMBYNOfzL4TdJ0W-gCW_P2VTw?e=dgTkqS)**





## Caso práctico 4

- Datos
  - Señales
    - Temperatura superficial interior [ $^{\circ}\text{C}$ ]
    - Temperatura superficial exterior [ $^{\circ}\text{C}$ ]
    - Flujo de calor superficial interior [ $\text{W}/\text{m}^2$ ]
  - Período
    - Enero-Marzo 2019
  - Preprocesado
    - Datos promedio horarios



## Caso práctico 4

### Libro EXCEL Aula\_3\_2\_horarios\_ALUMNOS (hoja "HORARIOS")

Promedio horario				Promedio acumulado				Promedio acumulado (-24h)				Diferencia	Diferencia %
T_INT	T_EXT	Flujo_Calor		T_INT	T_EXT	Flujo_Calor	U	T_INT	T_EXT	Flujo_Calor	U		
°C	°C	W/m2		°C	°C	W/m2	W/m2K	°C	°C	W/m2	W/m2K	W/m2K	%
18.83	8.74	-26.82	24/01/2019 1:00	xxx	xxx	xxx	xxx	24/01/2019 1:00	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
18.75	8.63	-27.46	24/01/2019 19:00					24/01/2019 1:00	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
18.42	8.46	-22.33	24/01/2019 20:00					24/01/2019 2:00	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
17.65	8.35	-14.49	24/01/2019 21:00					24/01/2019 2:00	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
17.03	8.31	-10.23	24/01/2019 22:00					24/01/2019 2:00	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
16.55	8.32	-7.69	24/01/2019 23:00					24/01/2019 2:00	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
16.17	8.33	-6.05	25/01/2019 0:00					25/01/2019 0:00	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
15.86	8.23	-4.90	25/01/2019 1:00					25/01/2019 1:00	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
15.59	8.11	-4.00	25/01/2019 2:00					25/01/2019 2:00	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
15.36	8.11	-3.40	25/01/2019 3:00					25/01/2019 3:00	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
15.15	7.97	-2.99	25/01/2019 4:00					25/01/2019 4:00	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
15.27	7.92	-7.04	25/01/2019 5:00					25/01/2019 5:00	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
16.45	7.70	-20.52	25/01/2019 6:00					25/01/2019 6:00	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
17.37	7.82	-26.21	25/01/2019 7:00					25/01/2019 7:00	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
17.95	7.88	-28.38	25/01/2019 8:00					25/01/2019 8:00	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
18.28	7.64	-28.53	25/01/2019 9:00					25/01/2019 9:00	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
18.46	8.50	-27.68	25/01/2019 10:00					25/01/2019 1:00	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
18.61	10.53	-27.04	25/01/2019 11:00					25/01/2019 1:00	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
18.72	10.25	-26.60	25/01/2019 12:00					25/01/2019 1:00	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
18.81	11.31	-26.17	25/01/2019 13:00					25/01/2019 1:00	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
18.89	11.35	-25.01	25/01/2019 14:00					25/01/2019 1:00	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
17.75	11.52	-11.89	25/01/2019 15:00					25/01/2019 1:00	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
19.17	10.79	-30.31	25/01/2019 16:00					25/01/2019 1:00	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
19.36	9.50	-28.43	25/01/2019 17:00					25/01/2019 1:00	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
19.64	8.31	-28.84	25/01/2019 18:00					25/01/2019 1:00	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
19.48	8.11	-25.28	25/01/2019 19:00					25/01/2019 1:00	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
19.31	7.72	-21.77	25/01/2019 20:00					25/01/2019 2:00	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
18.56	7.77	-13.98	25/01/2019 21:00					25/01/2019 2:00	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx



## Caso práctico 4

- Operar en celdas en Amarillo
- Calcular promedio acumulado de las señales
  - Columnas G a J
- Observar valor U calculado
  - Valor U (Grafico U\_acumulados)
  - Tiempo hasta cruce (Grafico U\_acumulados\_error, eje X en horas)
    - Sólo criterio de 5% de desviación en 24h
- Estimar valor U s/ 6946



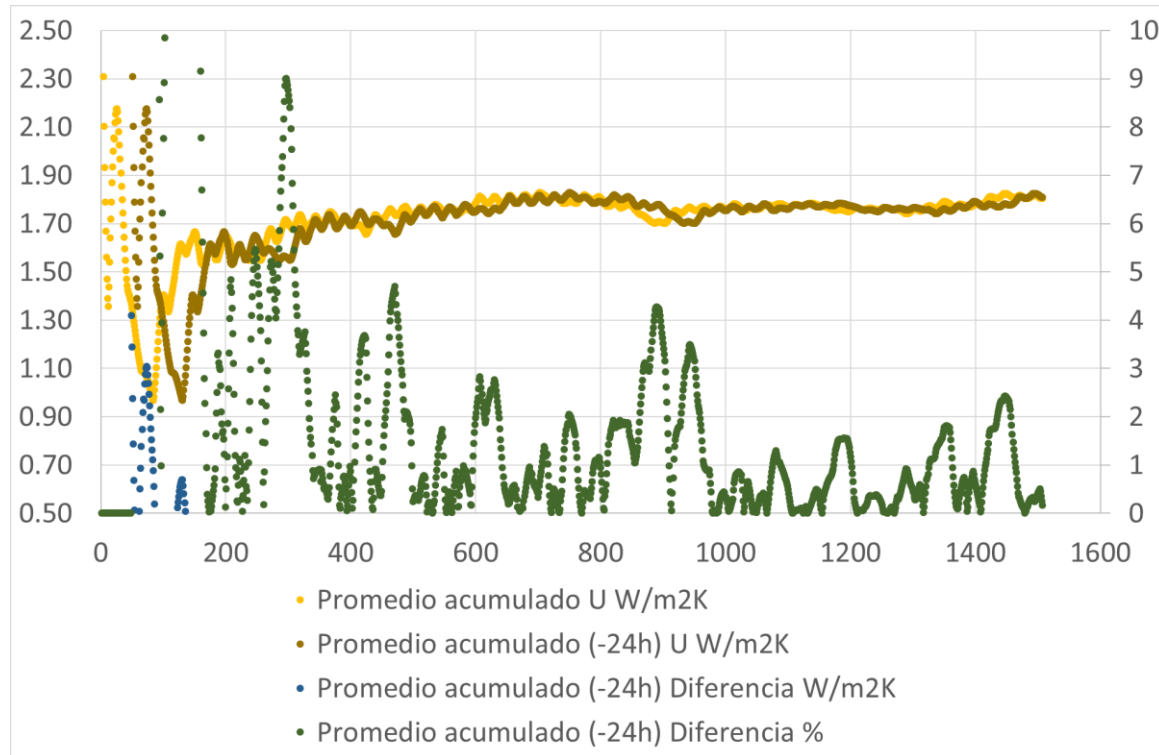
## Caso práctico 4

- Preguntas:
  - ¿Es el valor coherente entre experiment (ISO 9869) y cálculo (UNE EN ISO 6946)?
  - ¿Tiempo necesario hasta convergencia?
  - ¿Es el tiempo de convergencia el mismo con independencia de muro, condiciones climáticas,...?





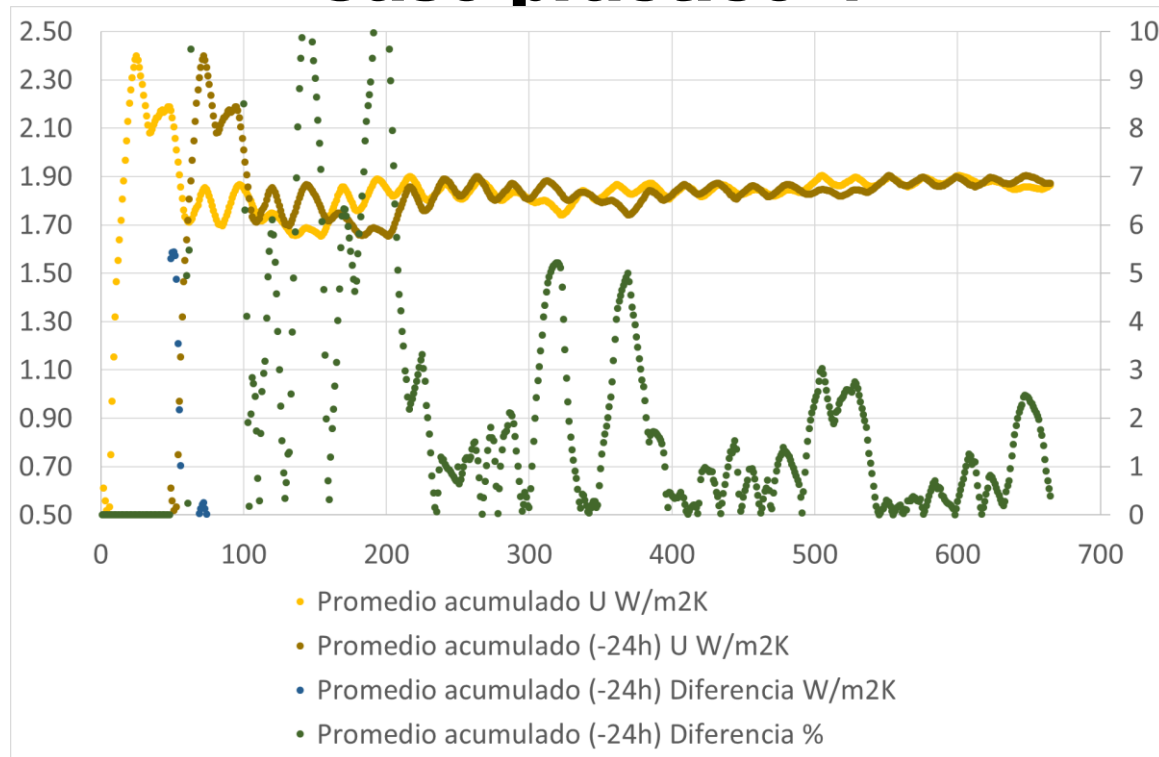
## Caso práctico 4



- Período completo



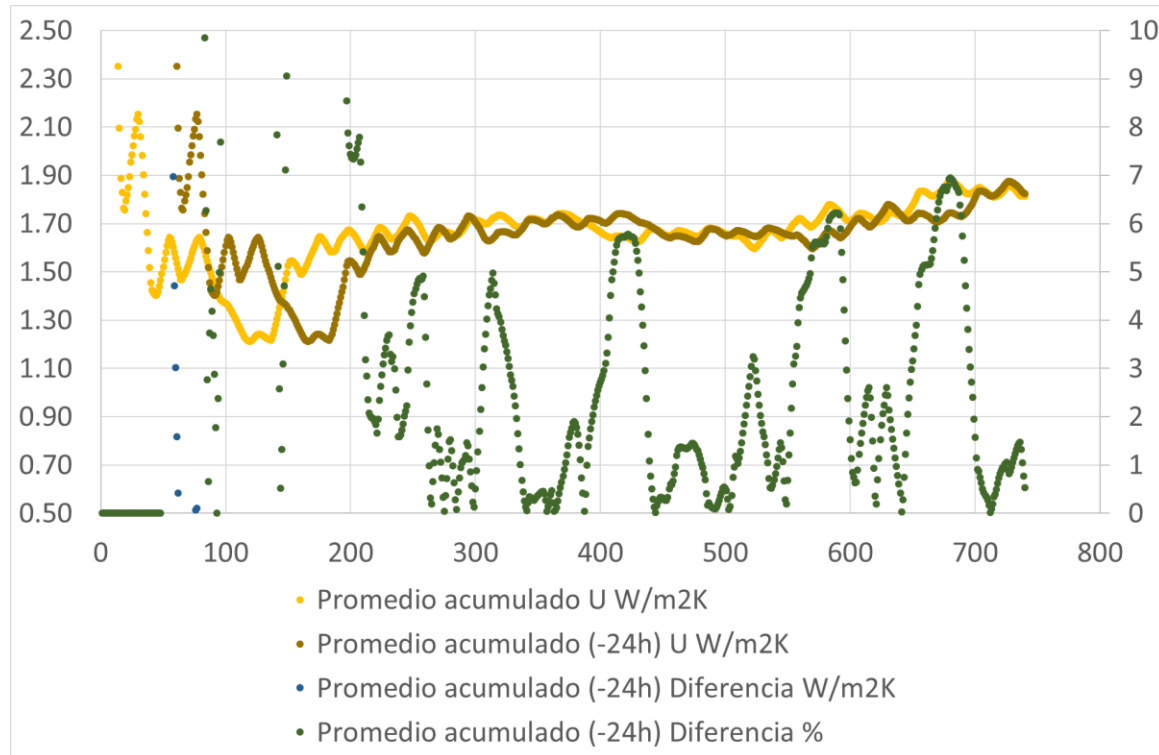
## Caso práctico 4



- Febrero



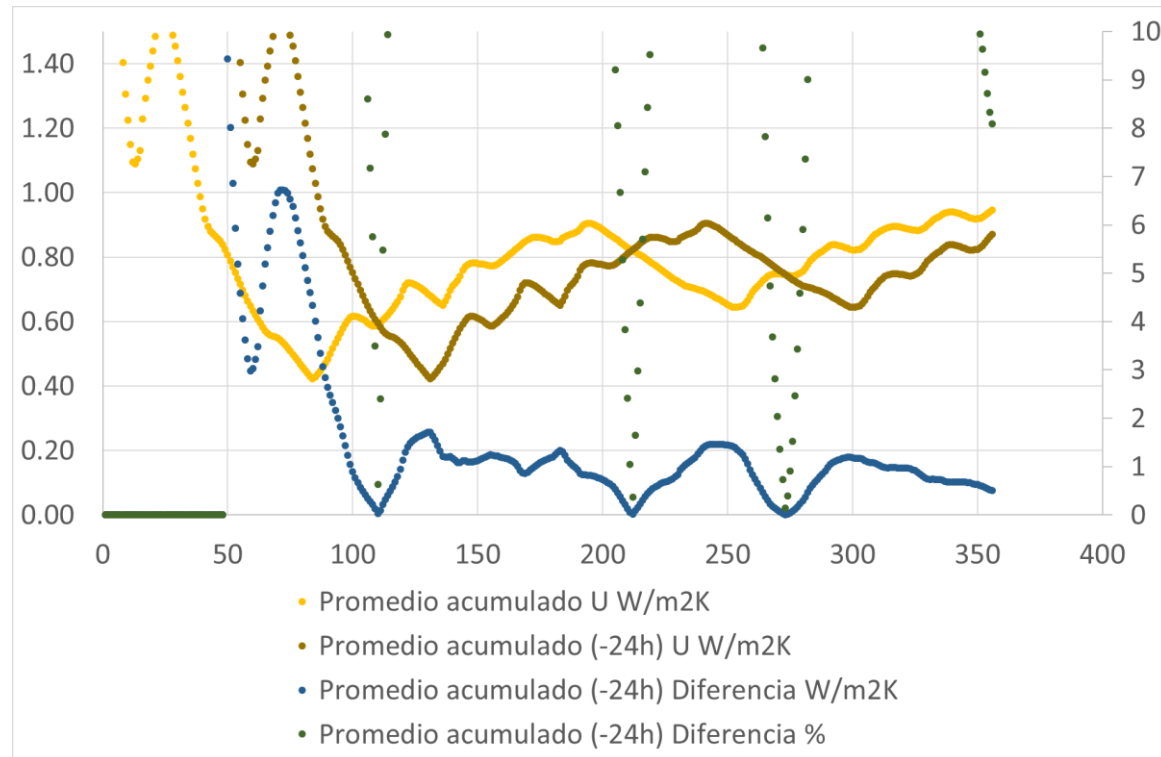
## Caso práctico 4



- Marzo



## Caso práctico 4



- Muro aislado por exterior



# **FIN de SESIÓN 4**

## **GRACIAS**

Sesión 4: 7 de mayo de 2019, Tarde

- Aplicaciones experimentales en edificación
- Caracterización de transmitancia térmica en muros
  - Estanquidad
  - Termografía
- Aplicación. Cálculo de U en muro ciego

Dr. Roberto Garay Martinez  
Tecnalia, División Building Technologies  
[roberto.garay@Tecnalia.com](mailto:roberto.garay@Tecnalia.com)  
+34 667 178 958

Beñat Arregi Goikolea  
Tecnalia, División Building Technologies  
[benat.arregi@tecnalia.com](mailto:benat.arregi@tecnalia.com)  
+34 610 742 971