

# Arquitectura da cidade histórica

Mitos e realidades sobre o seu comportamento ambiental

Dr. Jorge Rodríguez Álvarez

Dpto. Proxectos Arquitectónicos e Urbanismo

Universidade da Coruña

Environment & Energy Studies Programme

Architectural Association School of Architecture

**GCeT**

Galicia Cidade e Territorio  
GRUPO DE INVESTIGACIÓN DA UDC

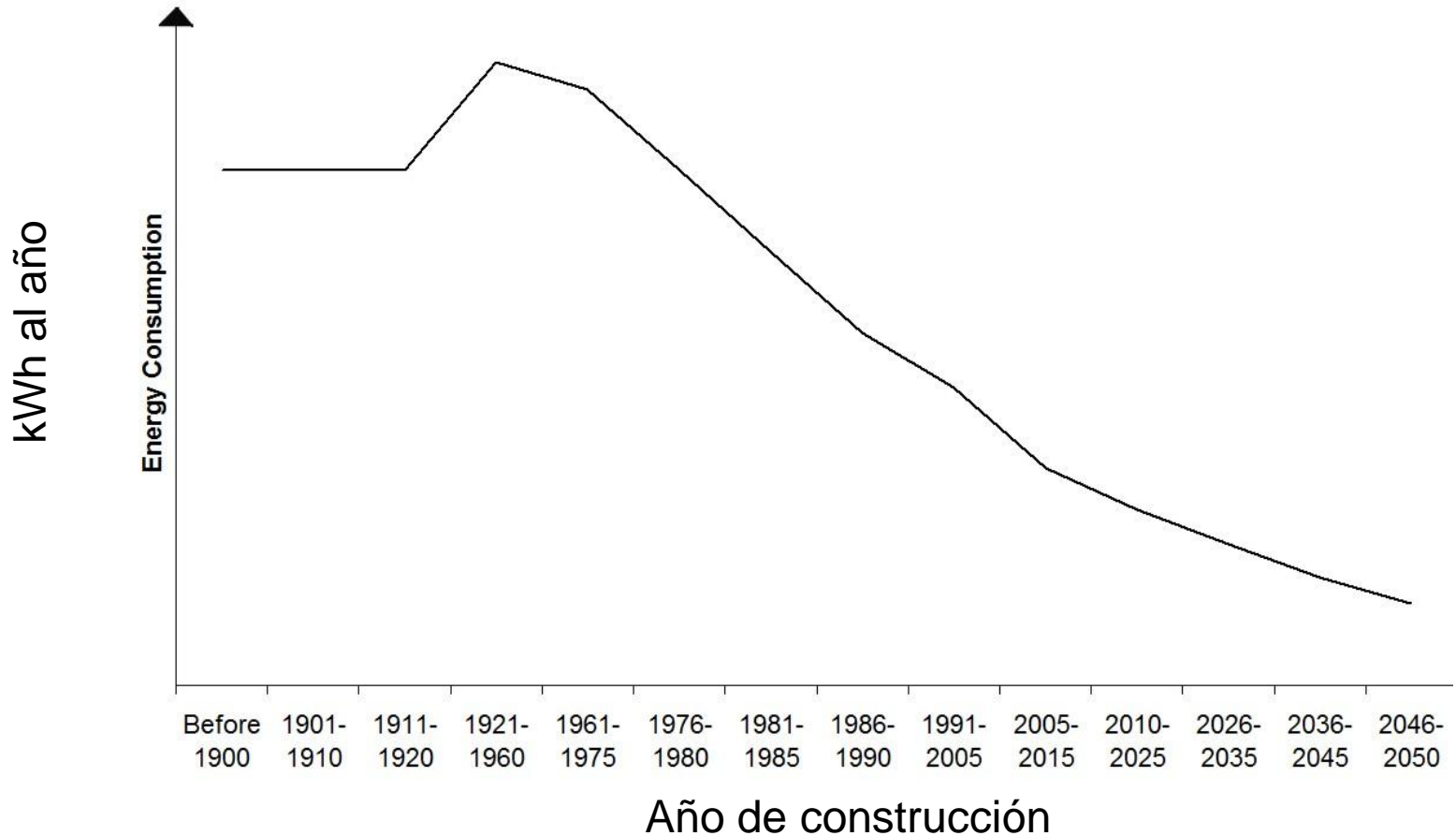


Departamento de Proxectos  
Arquitectónicos e Urbanismo

UNIVERSIDADE DA CORUÑA

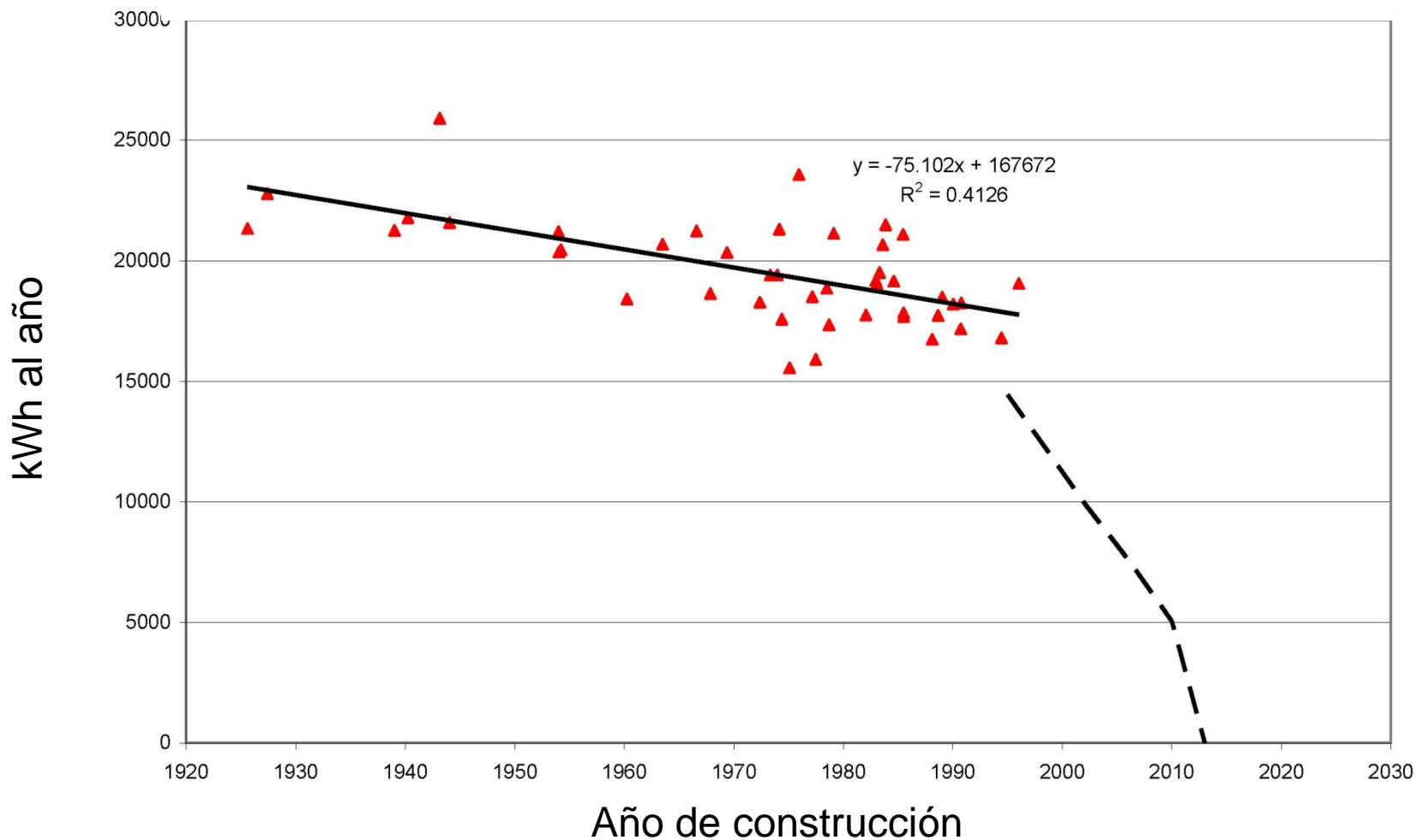
# Mito 1: Los edificios antiguos son ineficientes

Consumo energético vs. edad del edificio



# Mito 1: Los edificios antiguos son ineficientes

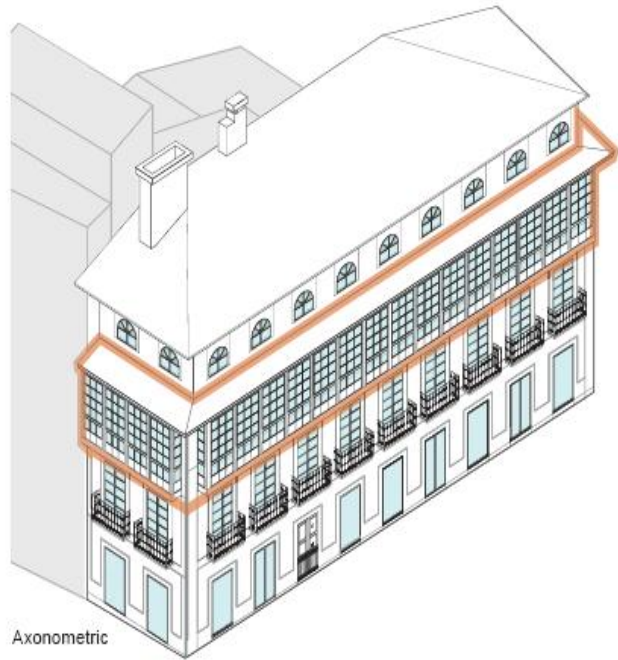
## Consumo energético vs. edad del edificio



Los edificios históricos tradicionales a menudo tienen características que son relativamente eficientes energéticamente



Main Facade

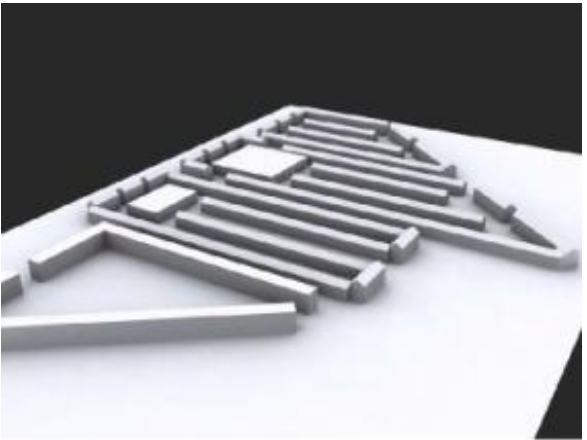
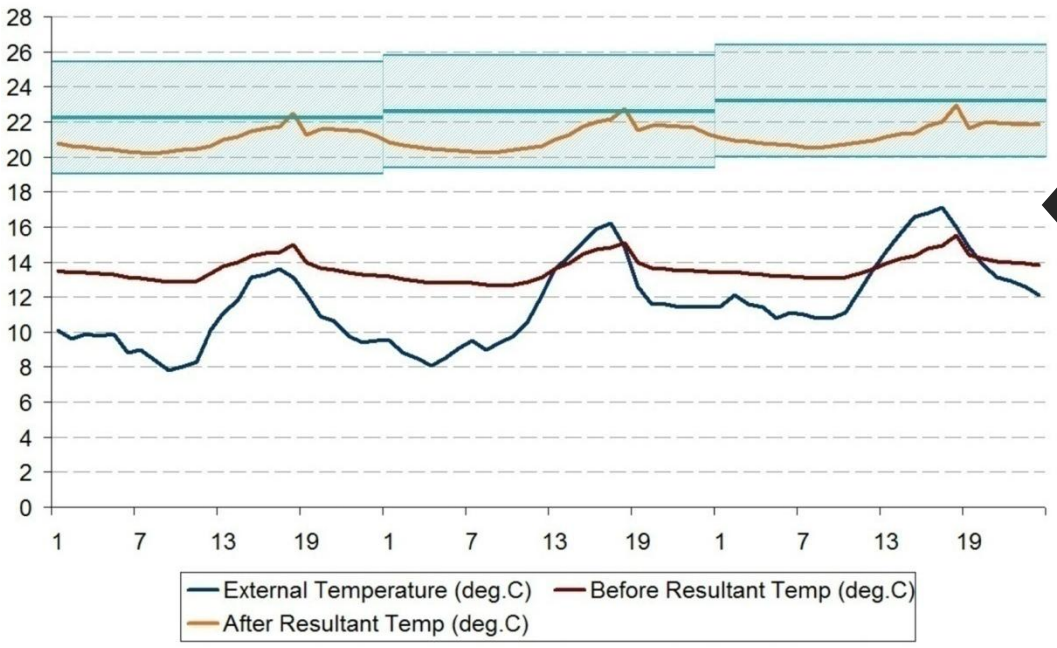


Axonometric

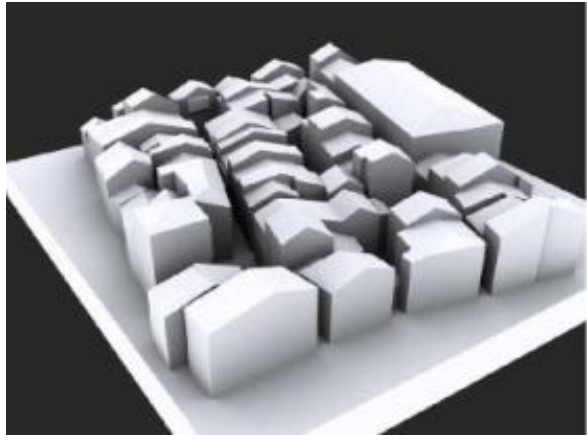
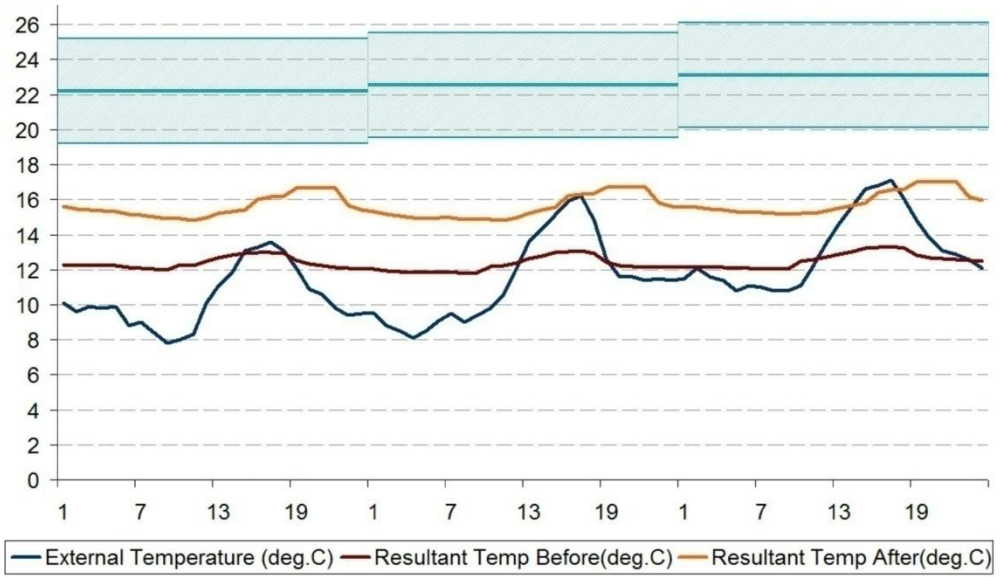
Los edificios *históricos modernos* (años 60-70) representan un reto mayor en ese sentido, ya que muchos fueron construidos sin consideración ambiental



# El impacto del contexto urbano

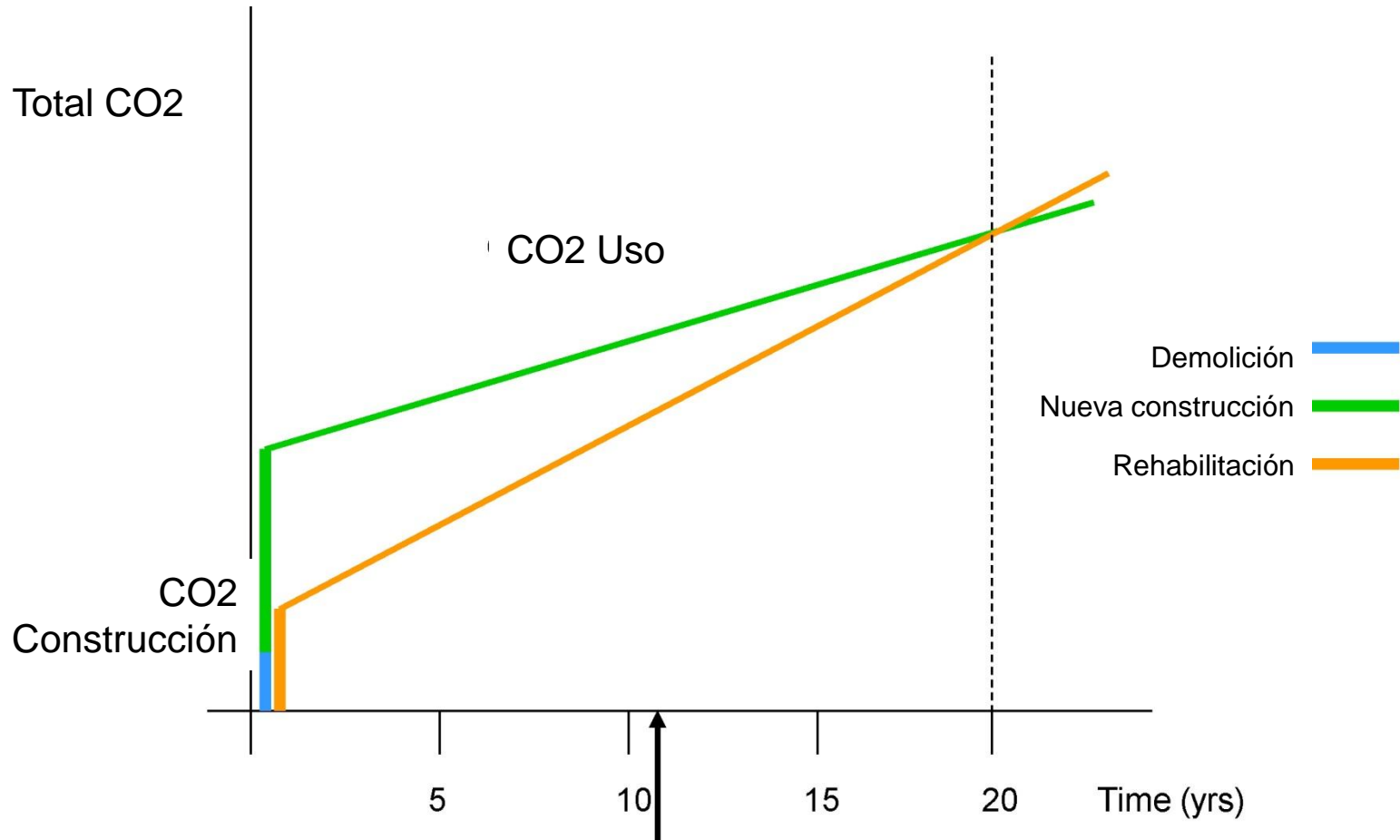


Temperatura interior en vivienda período posguerra, antes y después de rehabilitación 9 – 11 de Enero



Temperatura interior en vivienda ciudad histórica , antes y después de rehabilitación 9 – 11 de Enero

# Balance CO2 en la rehabilitación



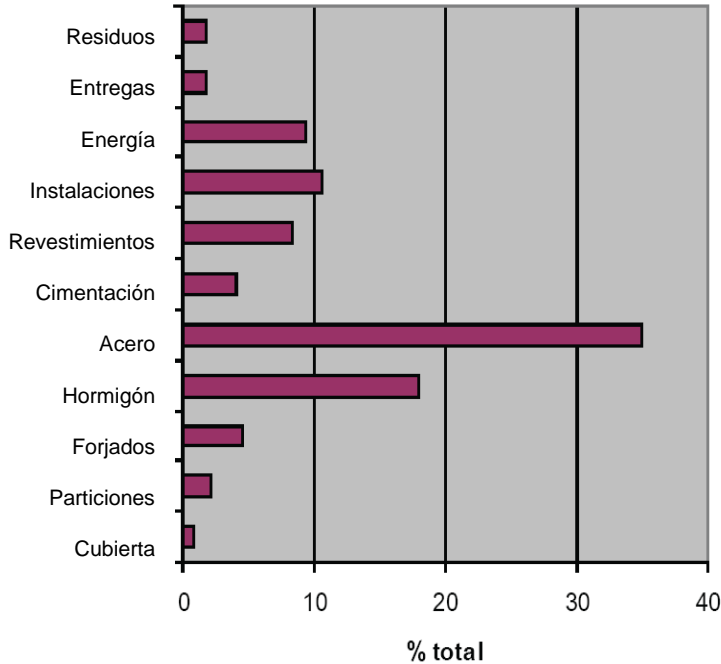
After Baker, N. 2012

La rehabilitación con materiales de bajo coste energético da un ventaja en la comparación con nuevos edificios. Ej: **carpinterías de madera** tienes hasta 40 veces menos energía asociada que el aluminio

# Emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a la construcción

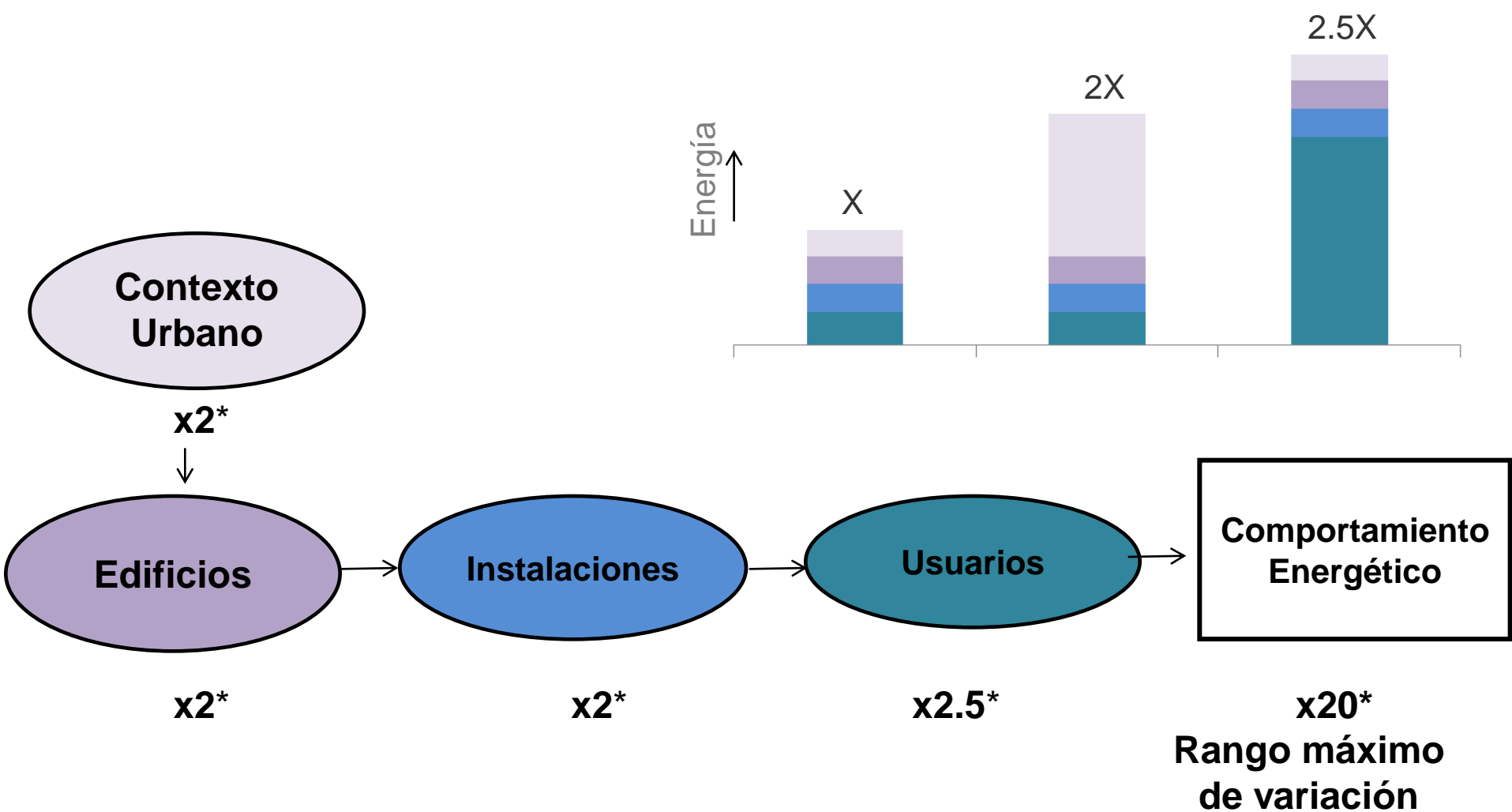


Embodied CO<sub>2</sub>



After Baker, N. 2012

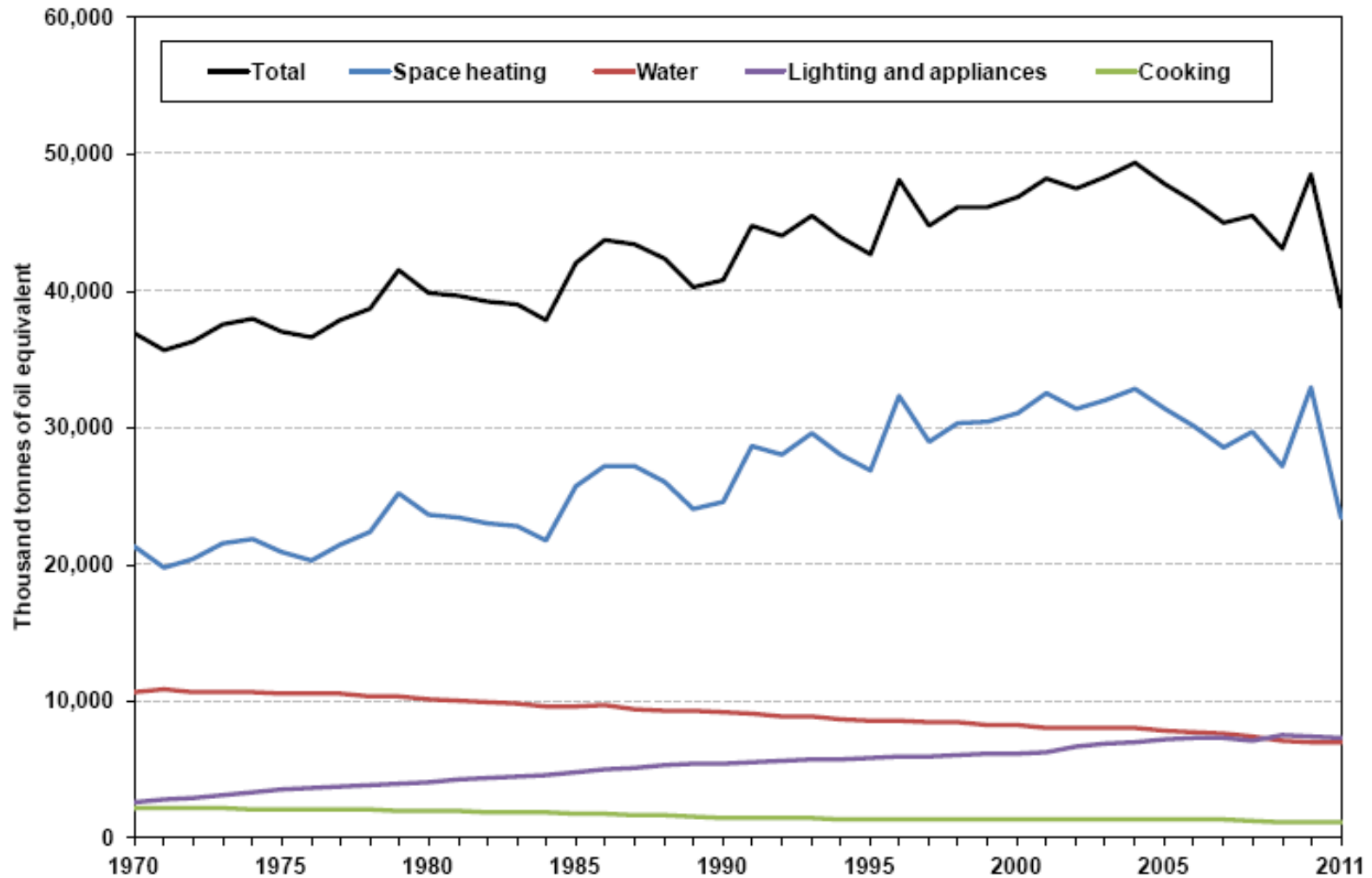
# Factores que influyen en el comportamiento energético de edificios



\* Indica el rango de variación en el comportamiento final atribuible al sub-sistema



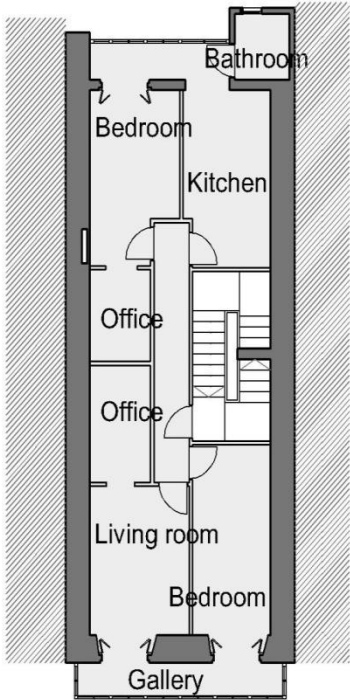
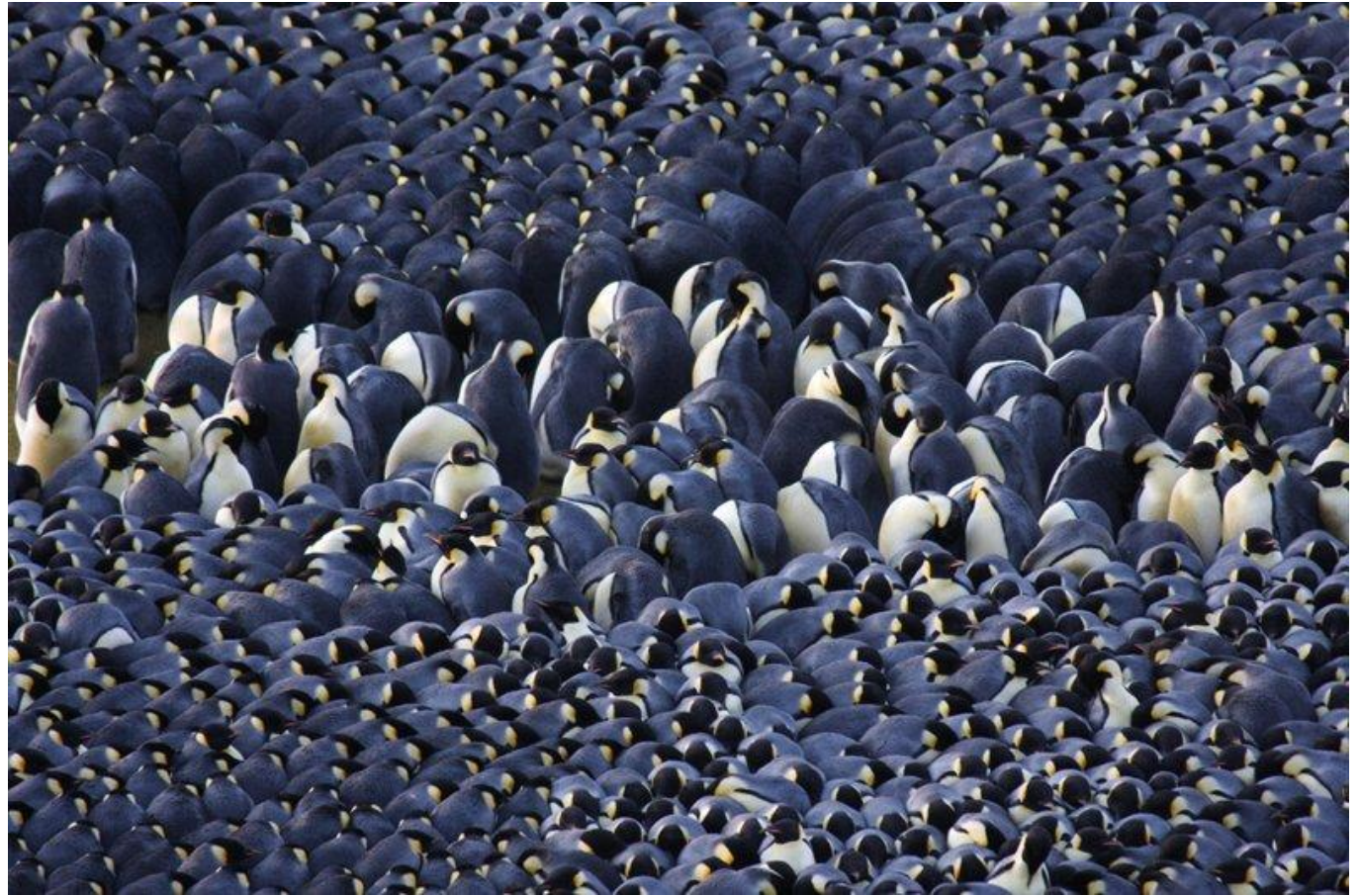
# Mito 2: La construcción de edificios eficientes hace que el consumo energético global se reduzca



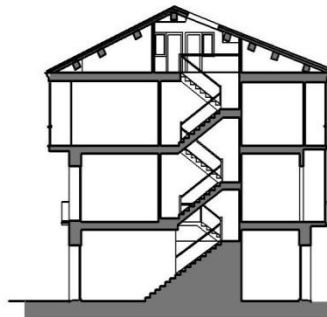
'Energy consumption in the UK'

<http://www.decc.gov.uk/en/content/cms/statistics/publications/ecuk/ecuk.aspx>

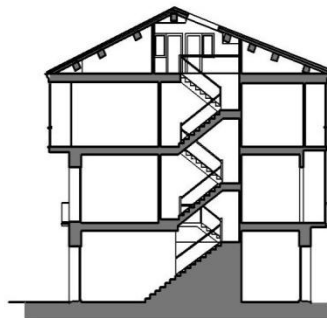
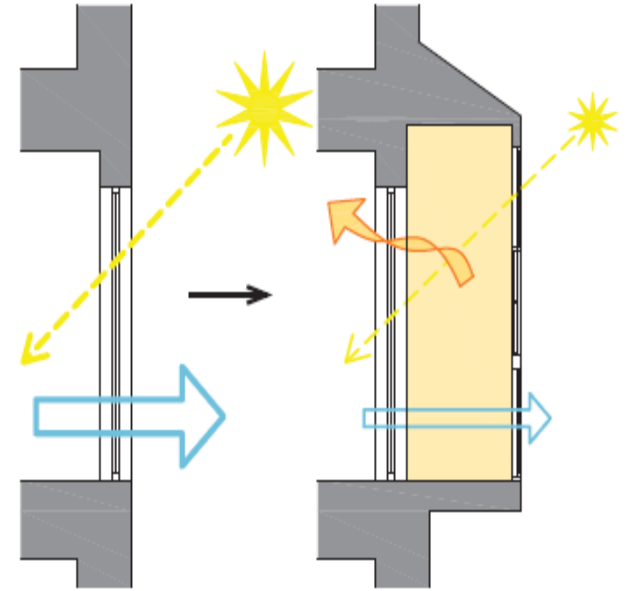
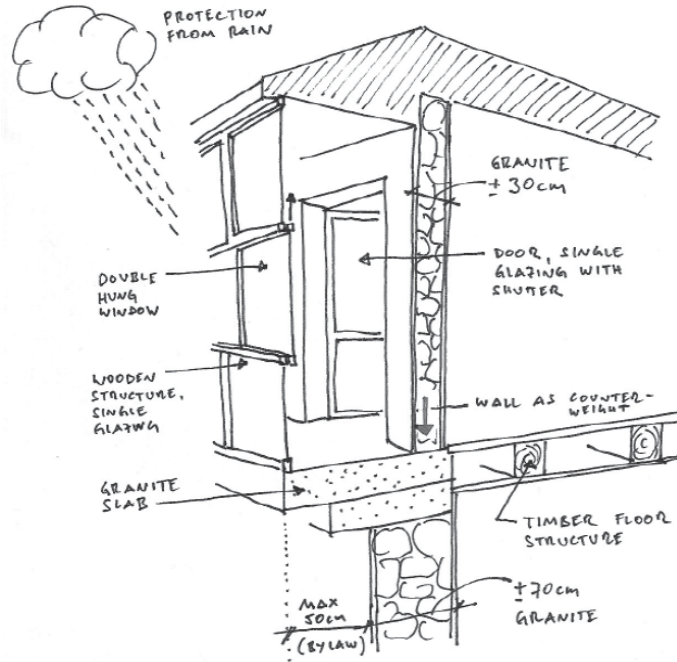
# El tejido residencial de la ciudad histórica



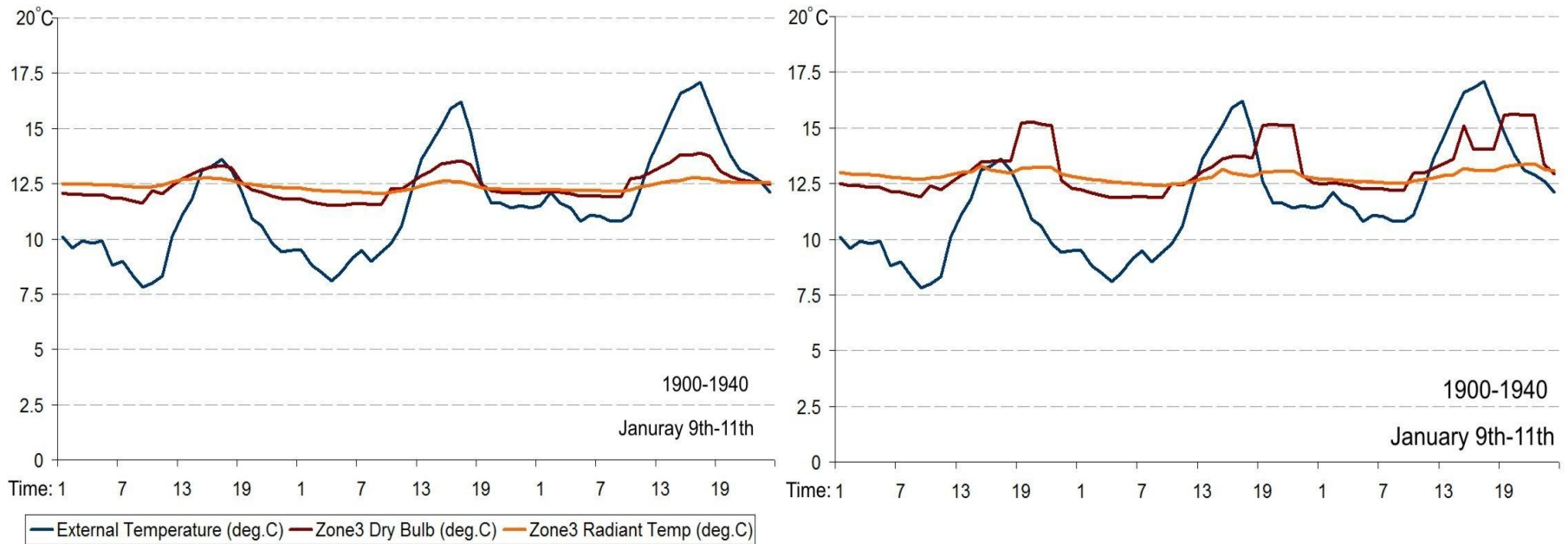
0 1 5



# El tejido residencial de la ciudad histórica



# El tejido residencial de la ciudad histórica

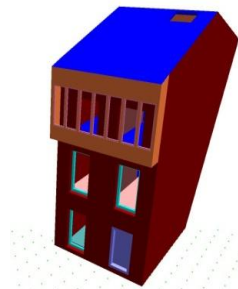


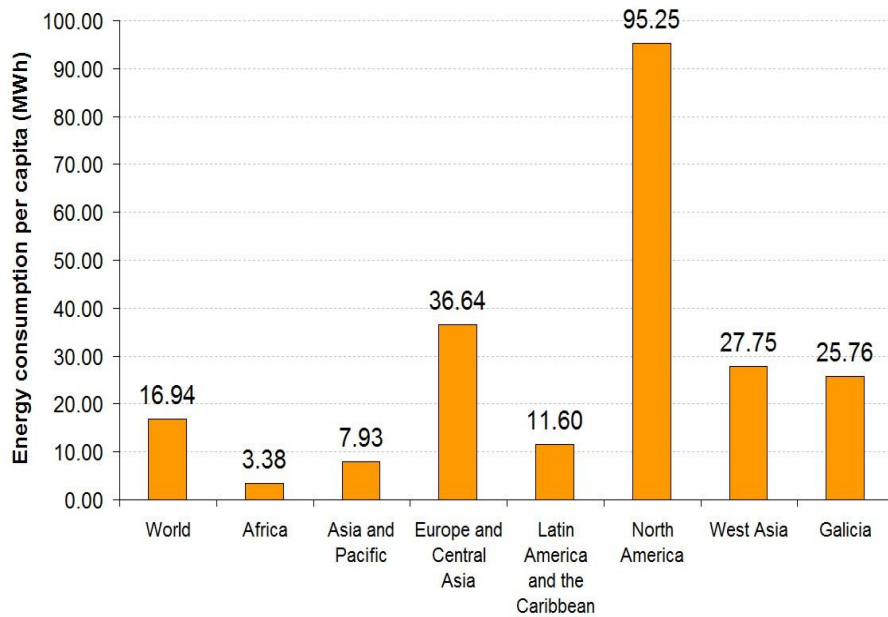
**Comportamiento térmico da envolvente**

**Envolvente + cargas internas**

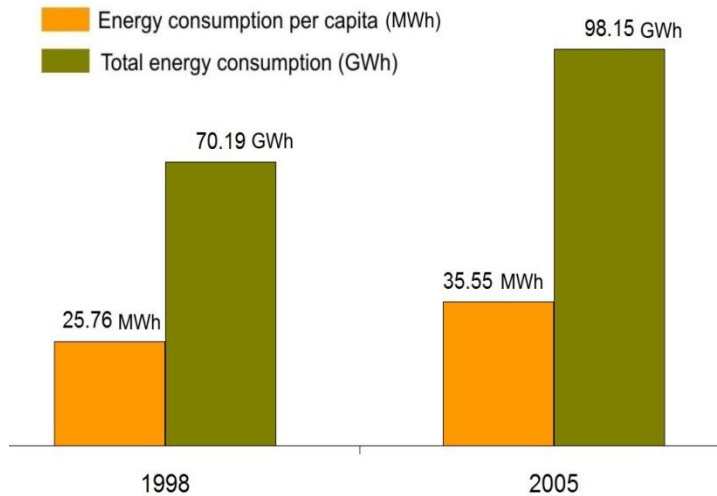
**Referencia consumo calefacción\*: 106 kWh/m<sup>2</sup> ano**

\* Simulación by Tas  
v.9.0.9e

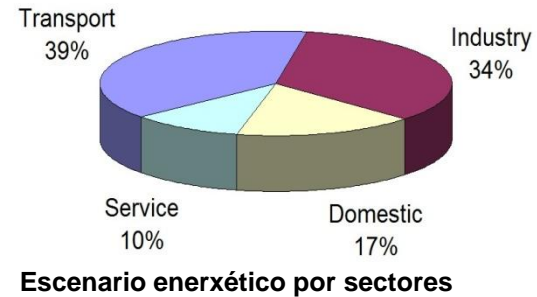




Consumo per capita en 1998 (after Roaf, S. 2005)



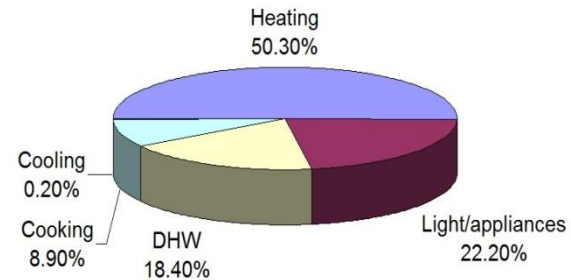
Evolución do consumo per cápita en Galicia . Fonte: INEGA and IGE



Escenario enerxético por sectores

Consumo enerxético medio nun fogar galego :

**130 Kwh/m<sup>2</sup> ano\***



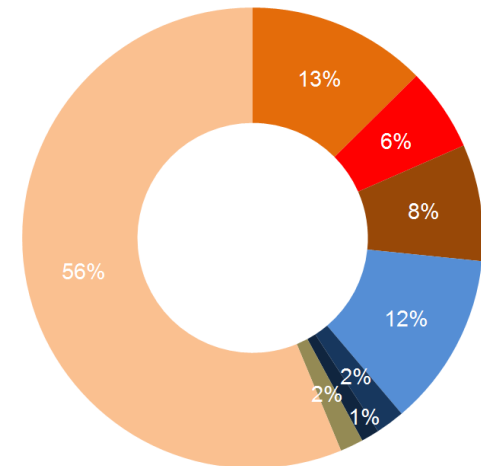
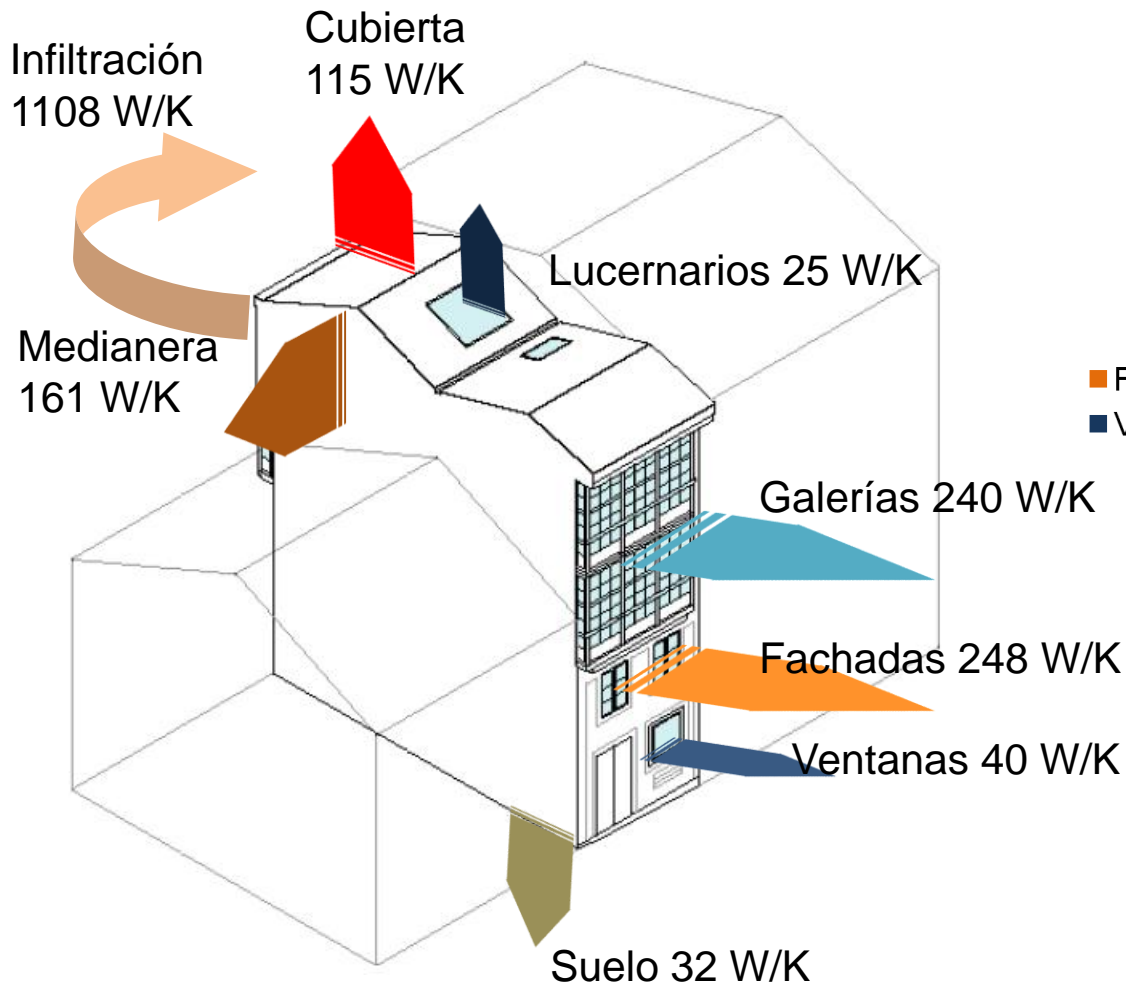
Uso final da enerxía nos fogares galegos:

- Calefacción: 66 kWh/m<sup>2</sup>
- Luz, aparatos eléctricos: 29 kWh/m<sup>2</sup>
- Auga quente: 24 kWh/m<sup>2</sup>
- Cociña: 12 kWh/m<sup>2</sup>
- Refrixeración: 0.3 kWh/m<sup>2</sup>

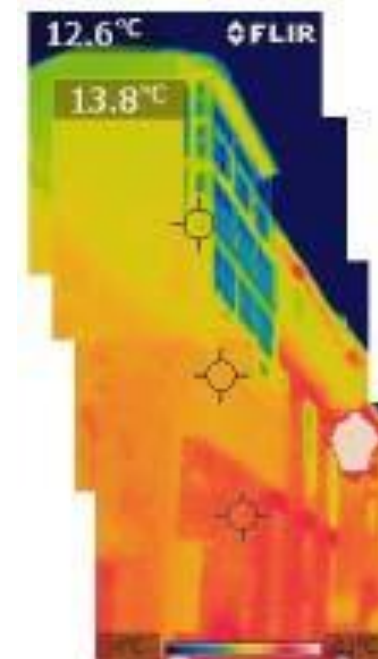
Fonte :Energy data from INEGA 2008

# ¿ Por dónde se pierde el calor?

Edificio sin rehabilitar 1969W/K

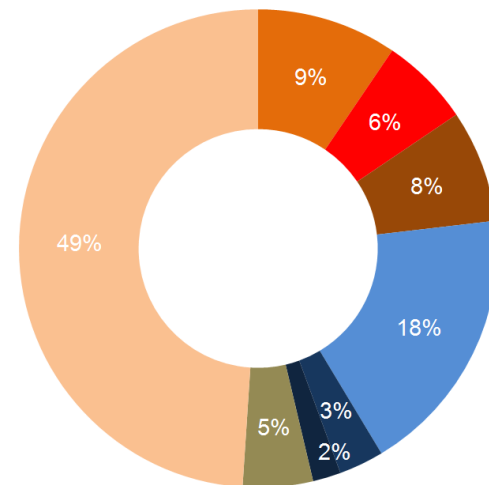
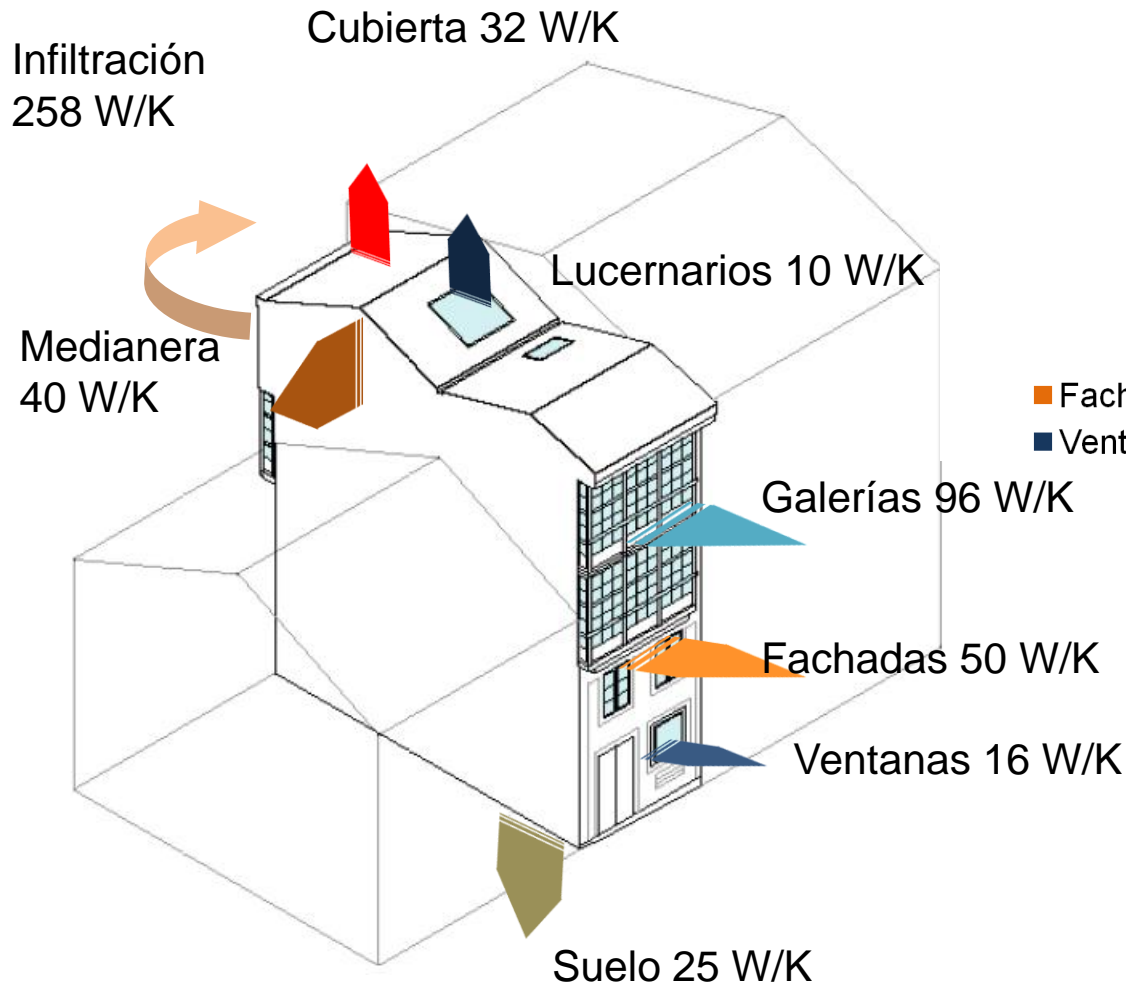


- Fachadas
- Cubierta
- Medianera
- Galerías
- Ventanas
- Lucernarios
- Suelo
- Infiltración

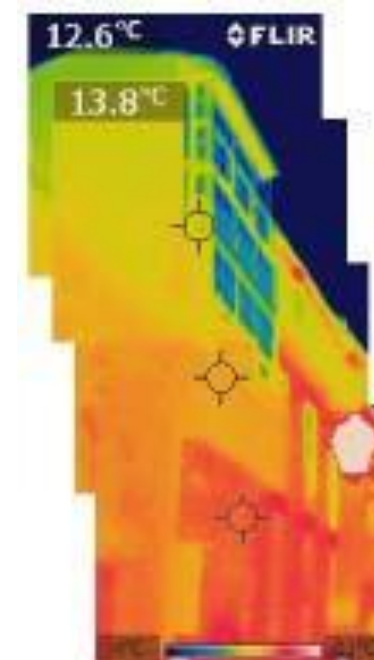


# ¿ Por dónde se pierde el calor?

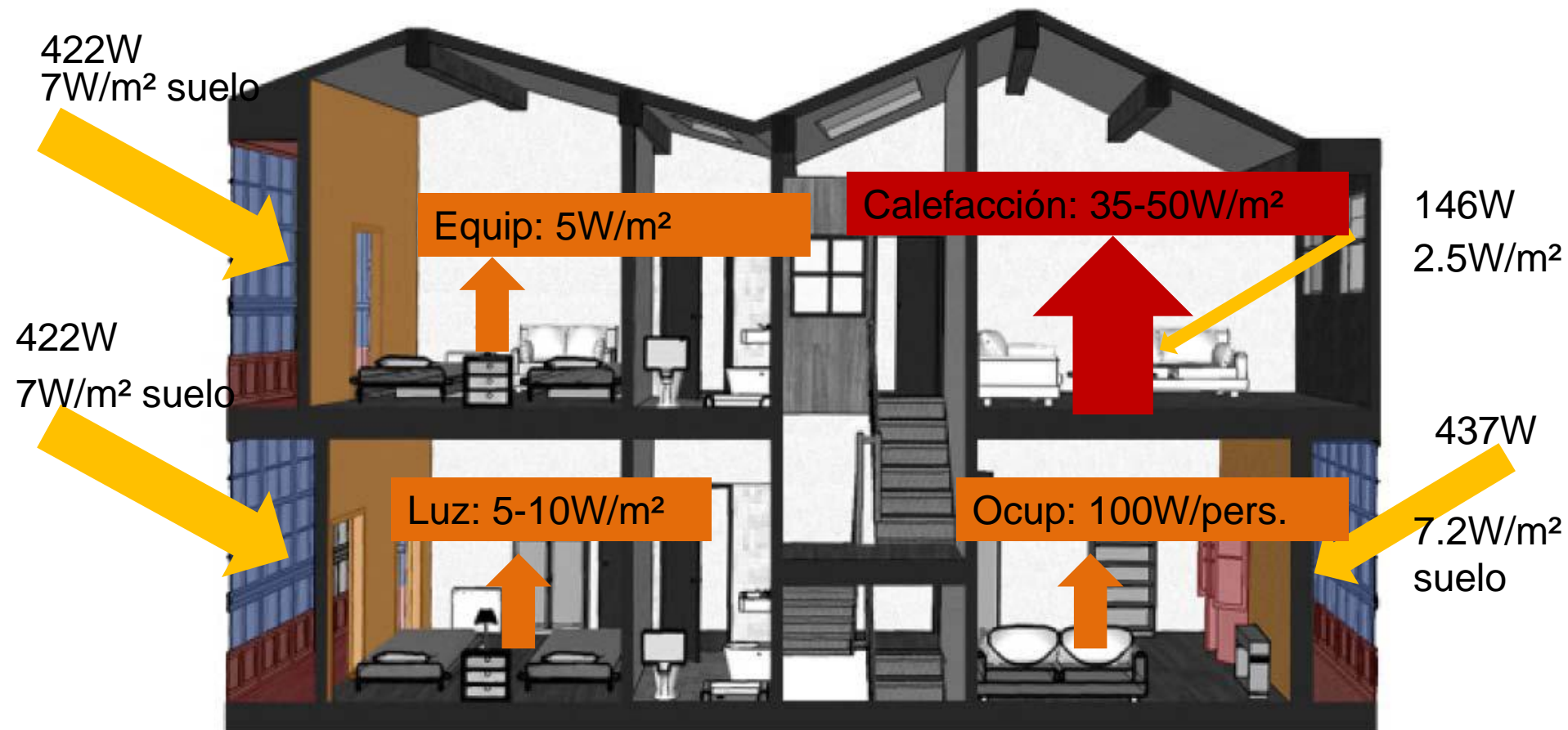
Edificio rehabilitado 527W/K (-66%)



- Fachadas
- Cubierta
- Medianera
- Galerías
- Ventanas
- Lucernarios
- Suelo
- Infiltración



# ¿ De dónde viene el calor?

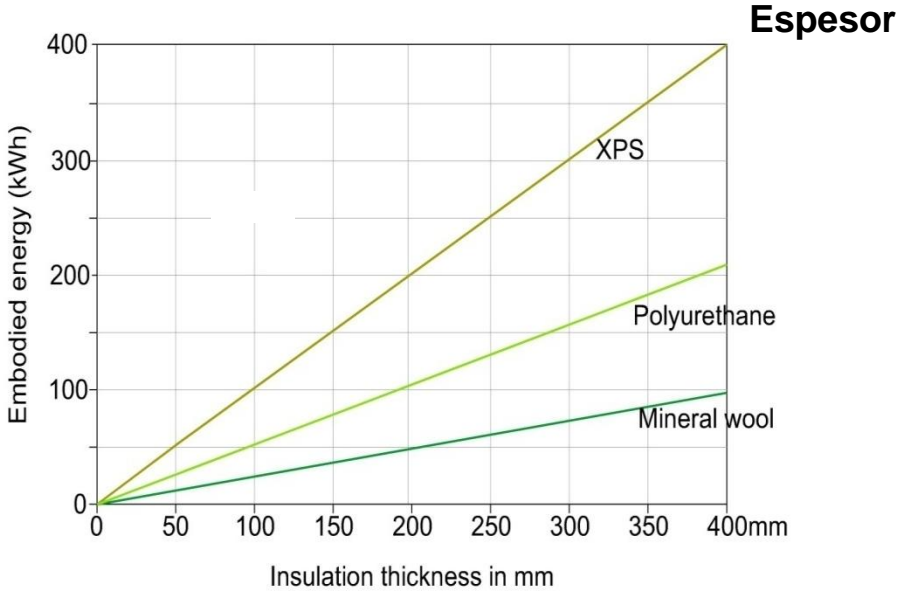
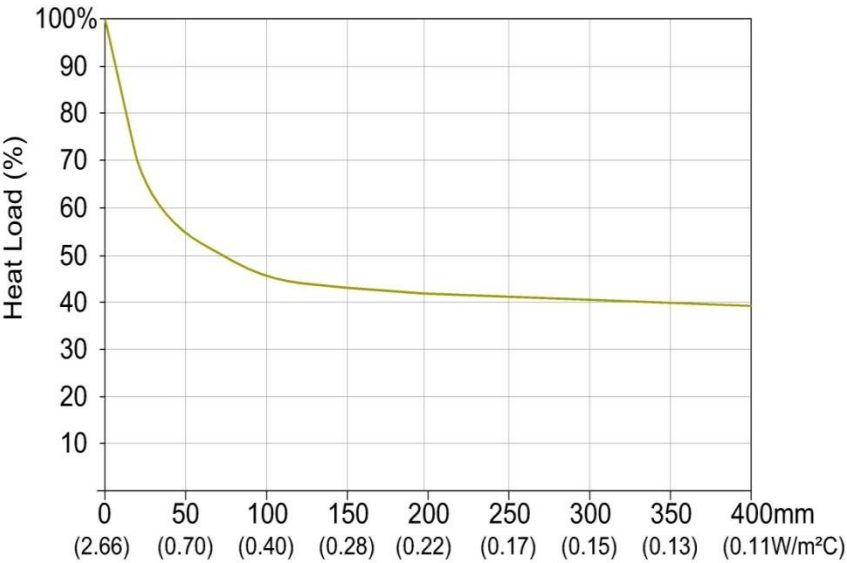


**Ganancias calor (sin calefacción, Enero) = 2727W (1persona)**

**Equivale a 1.4 grados de incremento medio sobre Temp exterior (sin rehabilitar)  
y 5 grados de incremento sobre Temp. Exterior en el caso rehabilitado**



# Mito 3: Aislamiento, cuanto más, mejor



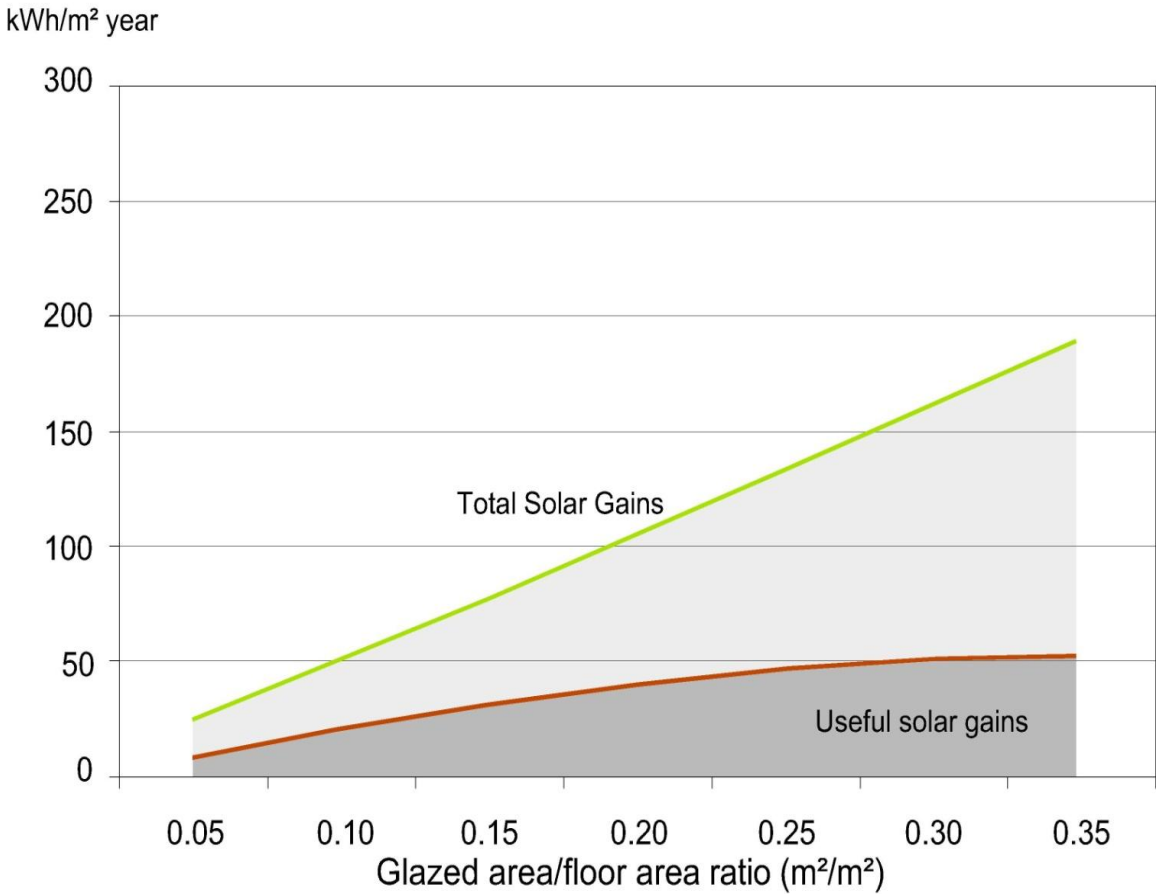
Insulation thickness in mm  
(Resultant U-value in combination with a 400mm granite wall in W/m<sup>2</sup>C)

	Embodied energy kWh/m <sup>2</sup>	CO <sub>2</sub> Emissions Kg/m <sup>2</sup>	Cost Euros/m <sup>2</sup>	Conductivity W/mC	Conductance W/m <sup>2</sup> C
Extruded polystyrene	51.19	27.20	13.00	0.030	0.60
Polyethylene board	47.60	25.29	19.46	0.032	0.64
Polyurethane board	35.73	18.99	9.75	0.025	0.50
Projected polyurethane	35.05	18.63	13.53	0.028	0.56
Cellular glass	25.46	6.86	25.47	0.040	0.80
Glass wool	18.10	1.97	4.98	0.038	0.70
Expanded polystyrene slab	17.60	9.70	7.97	0.035	0.70
Mineral wool rigid board	16.42	3.75	10.16	0.040	0.80
Mineral wool	12.36	2.82	5.07	0.040	0.80
Cork	6.33	1.39	10.00	0.038	0.76
Perlite	3.13	1.66	13.81	0.046	0.92

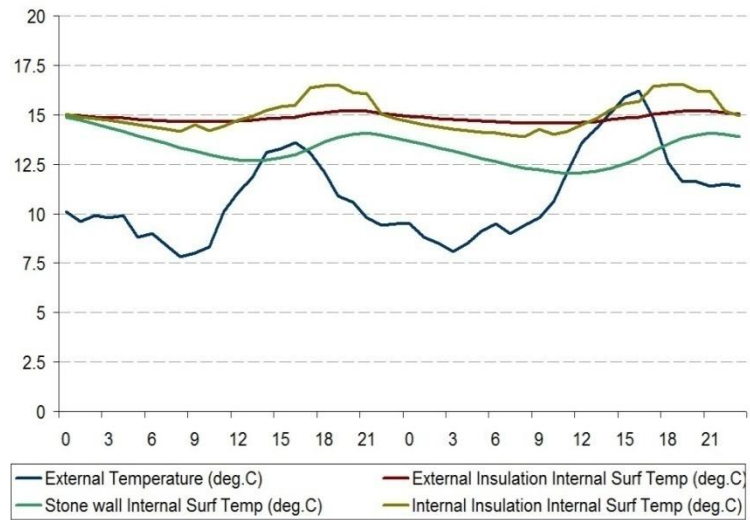
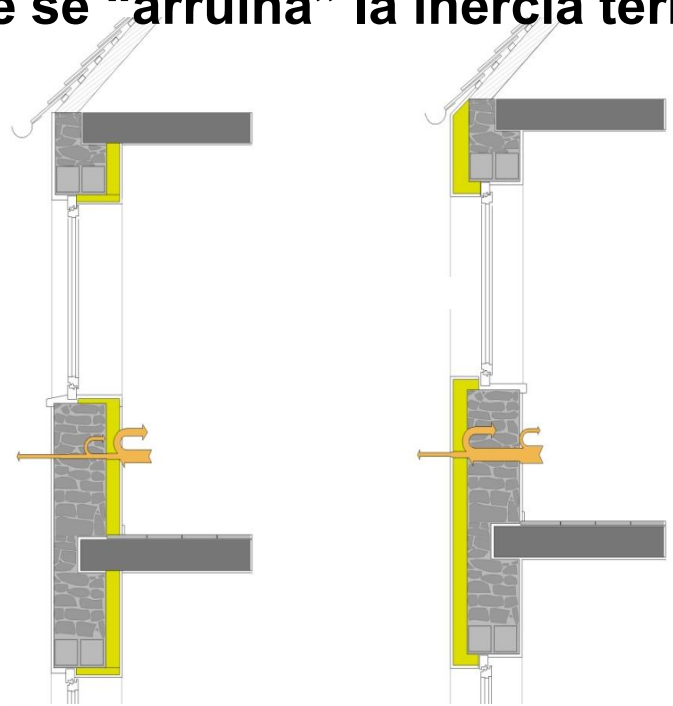
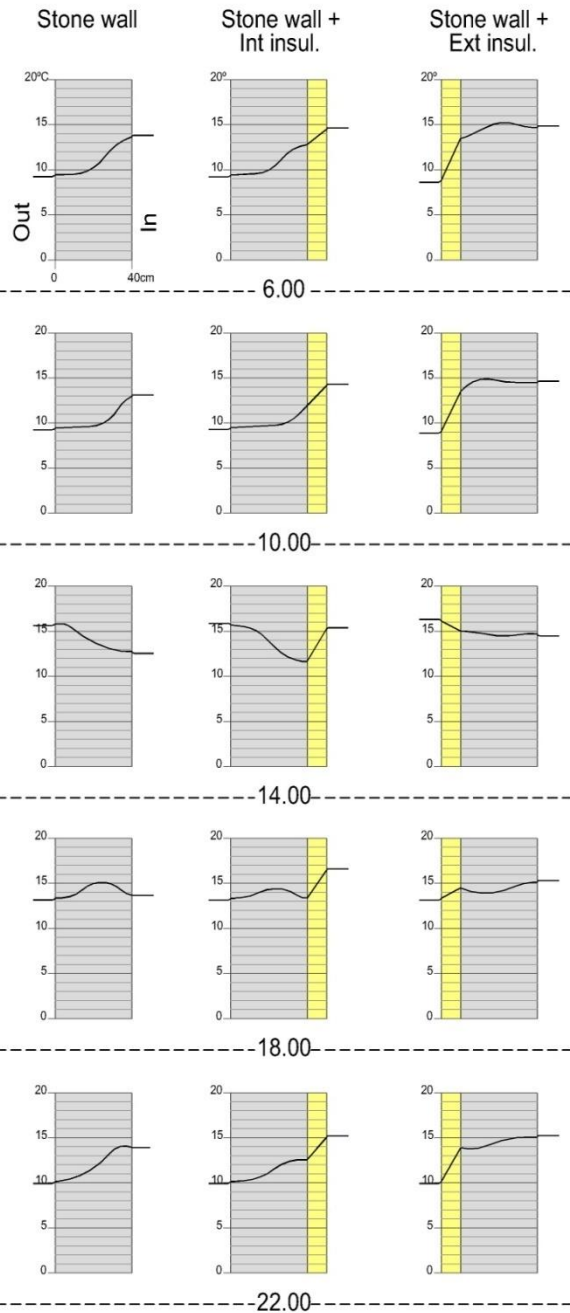


# Mito 4: En Galicia no hay riesgo de sobrecalentamiento

Gañancia solar e área acristalada



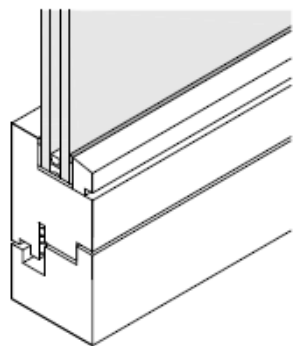
# Mito 5: El muro con aislamiento funciona peor porque se “arruina” la inercia térmica



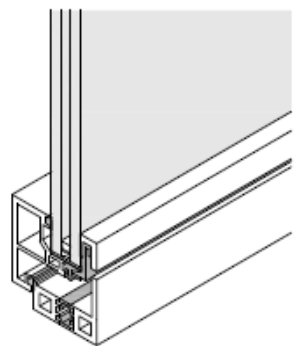
Efecto do illamento sobre a temperatura superficial nun muro de granito.

Secuencia temporal de perfis de temperature nun muro de pedra e con diferentes opcións de illamento (after Szokolay 2004).

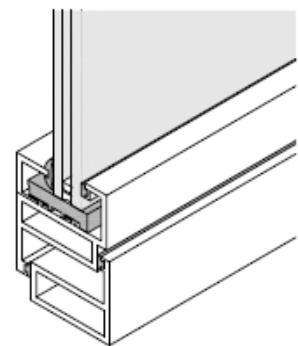
# Mito 6: La ventana más sofisticada siempre es mejor



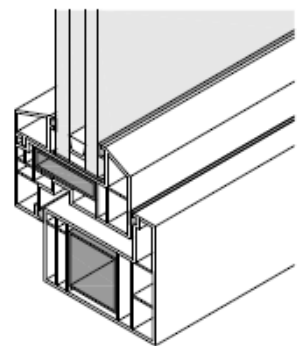
Carpintería de madera  
1.8-2.2 W/m<sup>2</sup>K



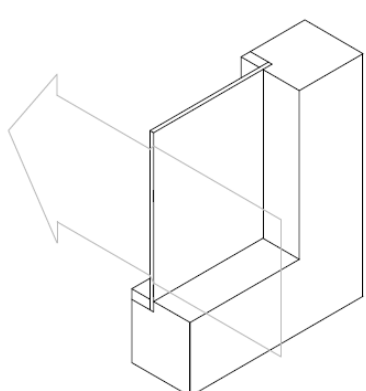
Carpintería metálica RPT  
3.2-4 W/m<sup>2</sup>K



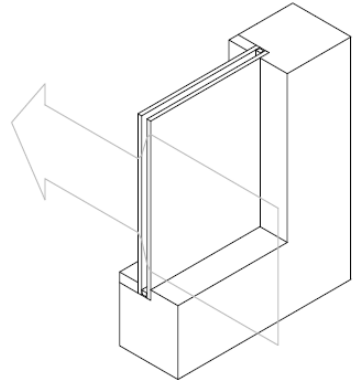
Carpintería metálica  
5.7 W/m<sup>2</sup>K



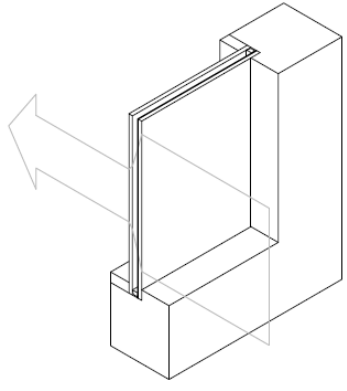
Carpintería de PVC  
2-2.2 W/m<sup>2</sup>K



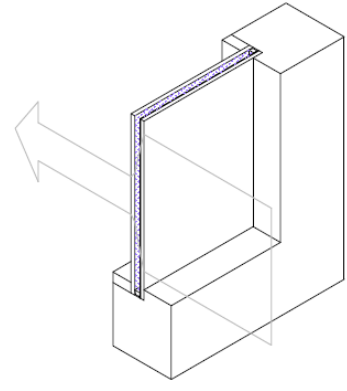
Vidrio sencillo  
4.5-5.7 W/m<sup>2</sup>K



Vidrio doble  
2.1-3.4 W/m<sup>2</sup>K



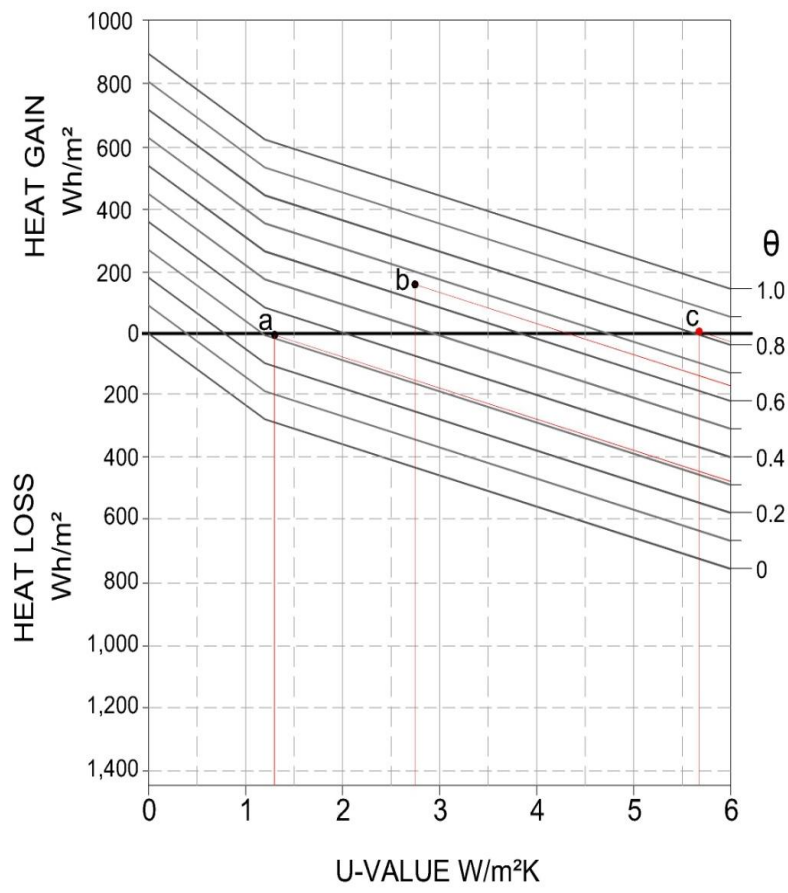
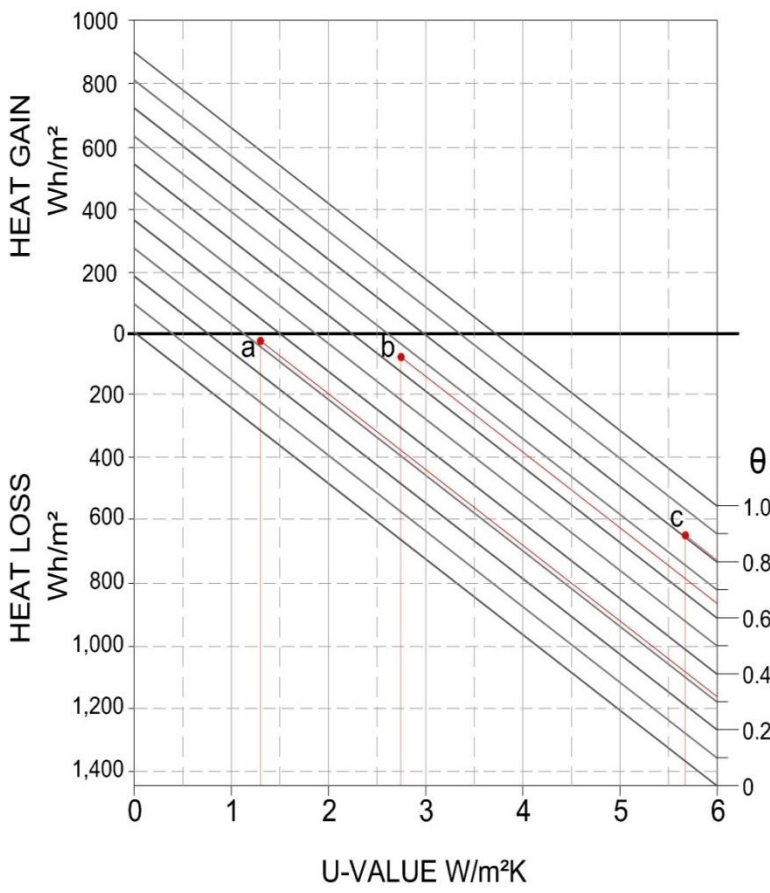
Vidrio doble bajo emisor  
1.3-2.4 W/m<sup>2</sup>K



Vidrio doble bajo emisor con cámara de  
1.0-1.2 W/m<sup>2</sup>K

Fuente: Manual de Recomendaciones para la Rehabilitación de Viviendas en Galicia frente al Cambio Climático. 2014

# Mito 6: La ventana más sofisticada siempre es mejor

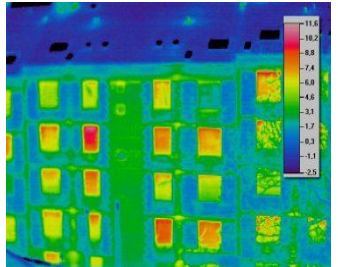


- a. Saint Gobain double glazing 6+12+6. Low E, argon cavity
- b. Optifloat double glazing 6+12+4. Clear
- c. Saint Gobain single glazing 6mm clear

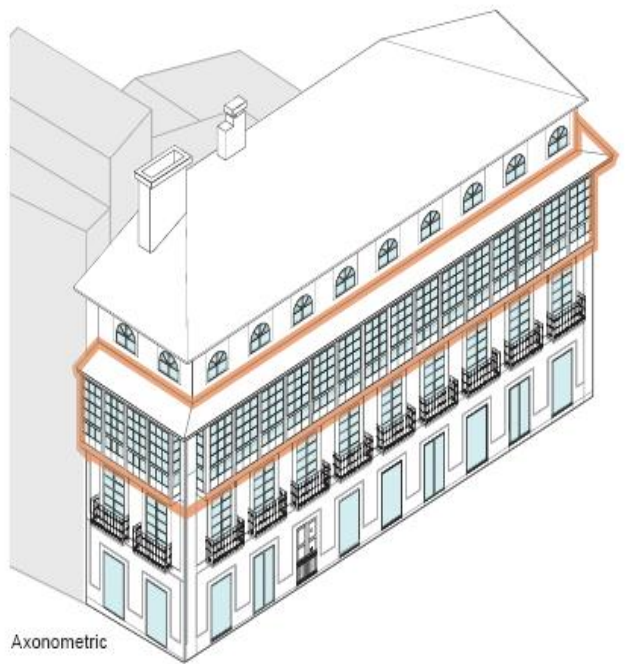
- a. Saint Gobain double glazing 6+12+6. Low E, argon cavity
- b. Optifloat double glazing 6+12+4. Clear
- c. Saint Gobain single glazing 6mm clear

Solar potential for a South window in Galicia in January

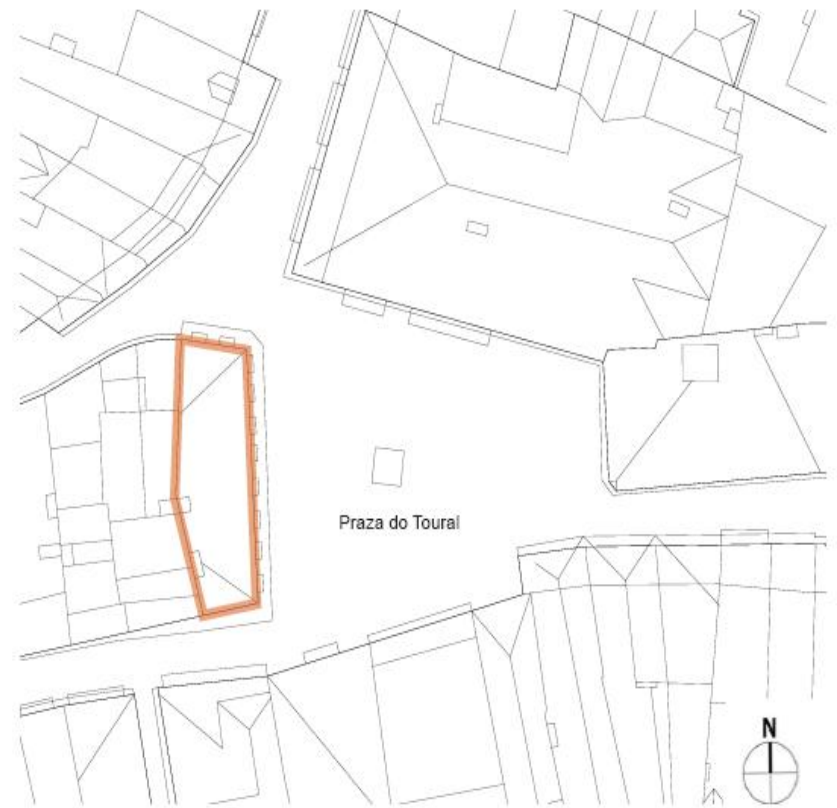
The same but with night shutters



# Mito 7: La galería es una estancia más de la casa



Axonometric



Site plan

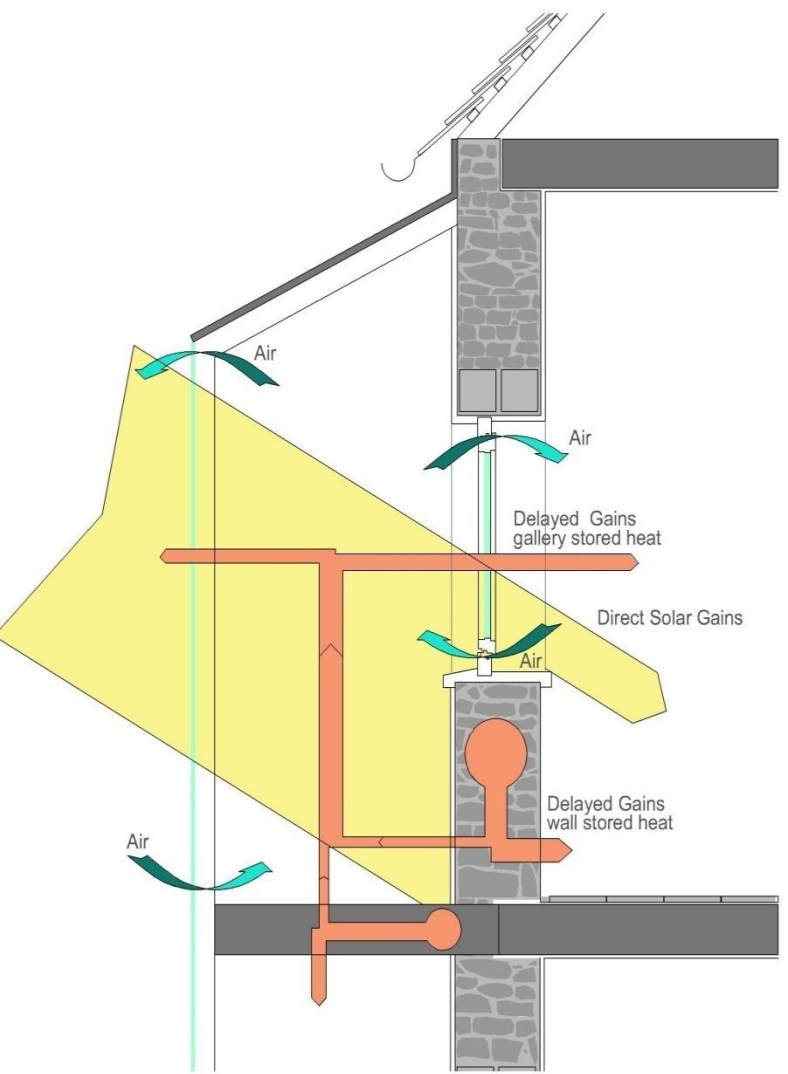


Section

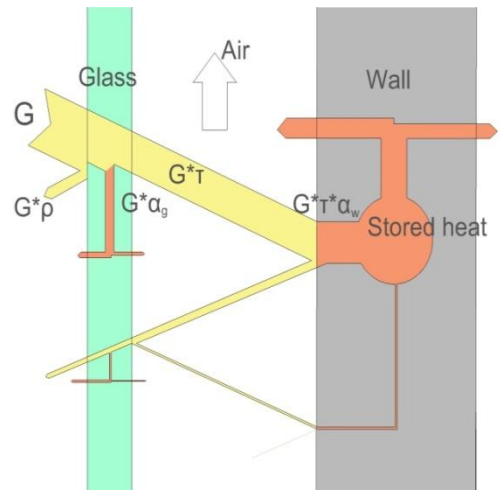


Main Facade

# Mito 7: La galería es una estancia más de la casa



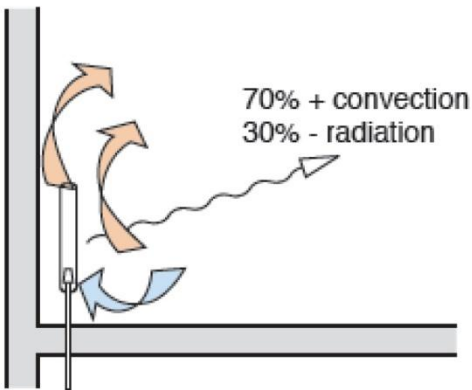
Funcionamento esquemático dunha galería



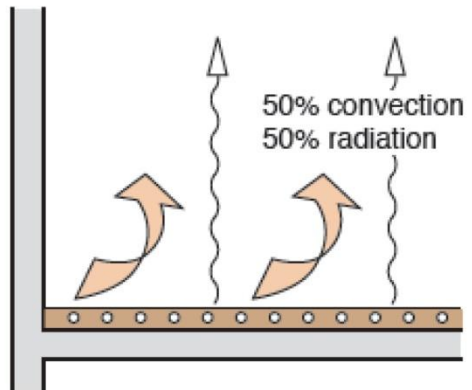
Comportamento térmico dun muro solar con cámara de aire (arriba) e cun material illante traslúcido (abaixo) Fonte:



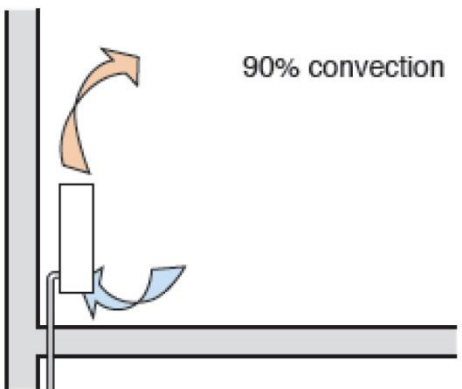
# Mito 8: Todos los sistemas de calefacción calientan igual



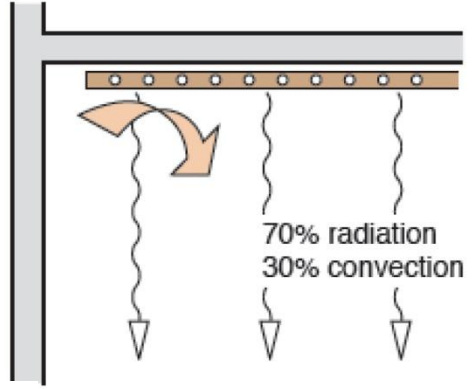
**Radiador**



**Suelo radiante**



**Convector**



**Techo radiante**

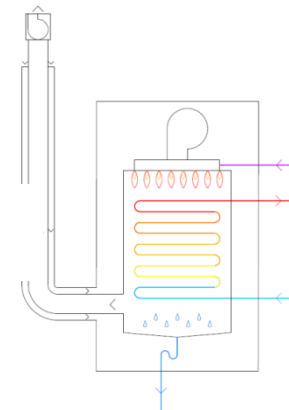
## Tipos de calefacción mostrando la proporción entre radiación y convección

La transferencia de calor por convección se basa en calentar el aire, que se estratifica y fluye hacia zonas frías. La radiación calienta objetos, es más eficaz porque éstos conservan el calor más tiempo [que el aire].

After Baker 2012



# Ahorro en los sistemas de instalaciones



## Porcentaje del consumo total

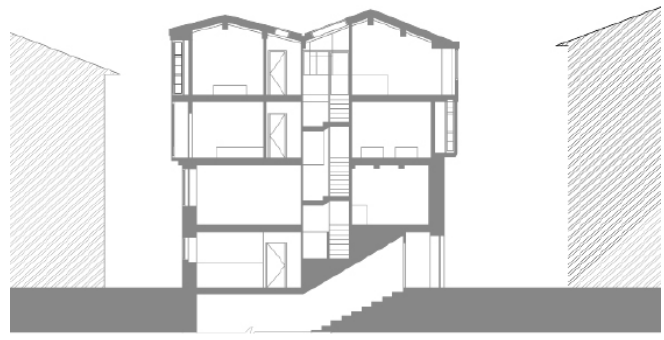
ACS	Calefacción	Iluminación	Electrodomésticos
18%	50%	14%	18%

## Ahorro potencial

Energía solar térmica	50-80%	25%	
Calderas de baja temperatura	10%	15%	
Calderas de gas de condensación	30%		
Calderas de biomasa			
Uso de lámparas eficientes		80%	
Electrodomésticos eficientes			50-75%
Recuperadores de calor		30-50%	
Bombas de calor	10-40%		
Bombas de calor con geotermia	70%		

Fuente: Manual de Recomendaciones para la Rehabilitación de Viviendas en Galicia frente al Cambio Climático. 2014

# Mito 9: Las limitaciones patrimoniales nos dejan sin opciones



**La componente del espacio**  
El principio general indica que: cuanto más espacio, más energía se necesita



120 m<sup>2</sup> para 1 ocupante: 4 veces la dimensión recomendada de espacio por persona



Hasman . Lee . Mikus . Wolf, 2010

# Mito 10: La estimación del ahorro energético es una ciencia exacta

			Envelope Insulation			Windows	Controlled ventilation	Solar Energy			COMBINED
			Wall	Floor	Roof	Replacement	with heat recovery	Glazed Balcony	Solar Wall	Solar collector	SAVINGS
Dalenback, J.	1995	E	✓	X	X	X	5-20%	10-70%	15-70%	15-60%	70%
Balaras, C.A. et al	2000	T	20-40%			20%	20%	X	X	13-18%	
	2000	E	24-28%	18-20%	5-6%		X	X	X	13-17%	
Bell, M. & R. Lowe	2000	E	30%	X	5%	7%	X	X	X	X	
Voss, K.	2000	T	X	X	X	X	X	X	30%	12%	
Ponêek, J. et al	2004	E	✓	✓	X	✓	X	X	X	X	46%
Hong, S.H. et al	2006	T	10-17%	X	X	X	25%	X	X	X	
Steeners, K.	2006	E	X	X	X	X	X	55%			
Richarz, et al	2006	T	30-40%	9%	9-12%	5%	X	40%	X	X	
	2006	E	✓	✓	✓	✓	X	✓	X	✓	30-47%
Donkelaar, M.	2007	E	✓	✓	✓	✓	✓	X	X	✓	30-60%
Cerdá Institute	2008	T	5-16%	X	4-14%	3-10%	X	X	X	15-30%	
Payback period	(years)		3-4 <sup>1</sup>	5-7 <sup>1</sup>	9 <sup>1</sup>	15-20 <sup>2</sup>	30-300 <sup>3</sup>	45-100 <sup>3</sup>	35-60 <sup>3</sup>	15-40 <sup>3</sup>	

E= From field data

Payback data from :

T= From theoretical research

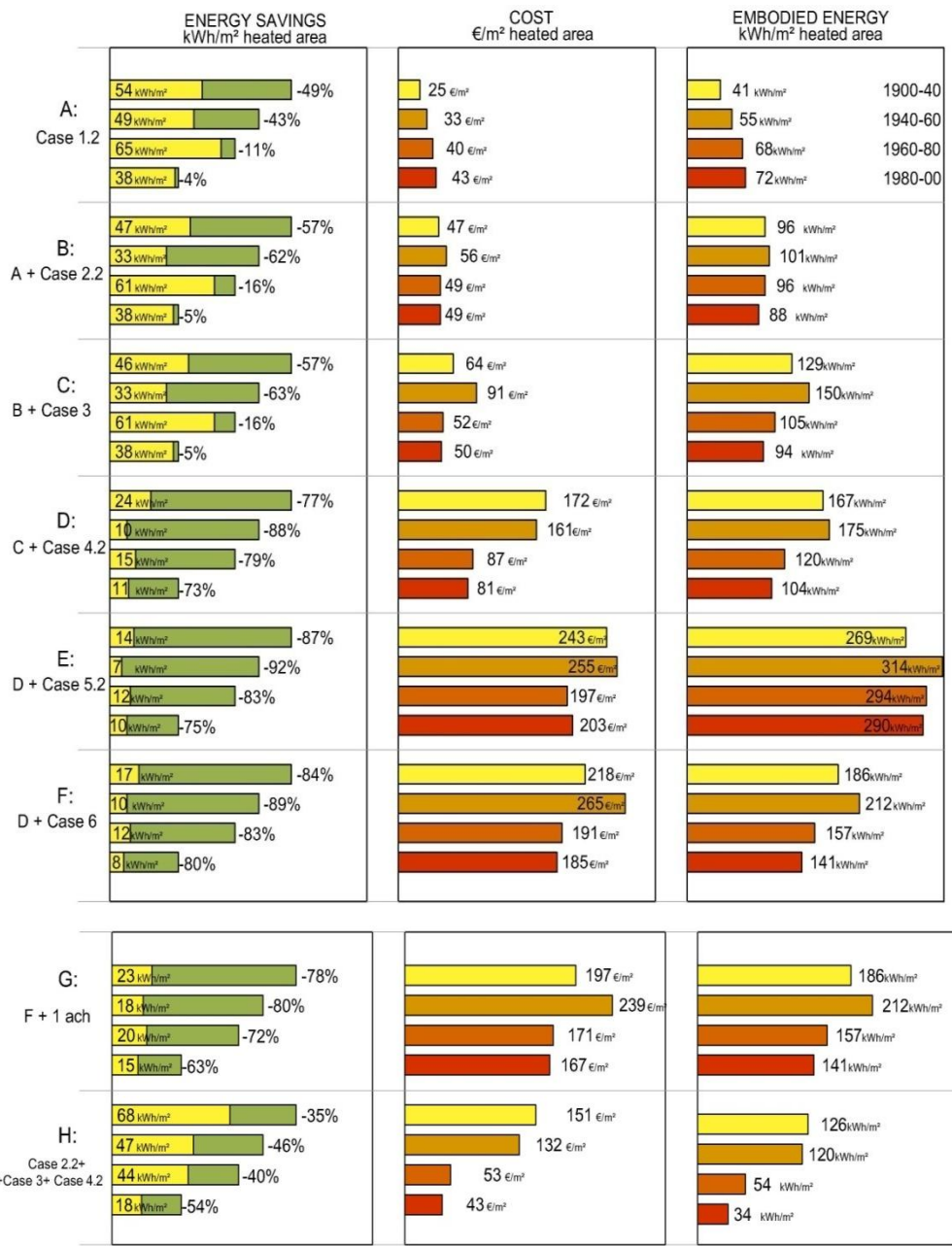
1. Bell, M. & R. Lowe

2. Richarz, et al

3. Dalenback, J.

Summary of savings potential from retrofit solution according to several studies

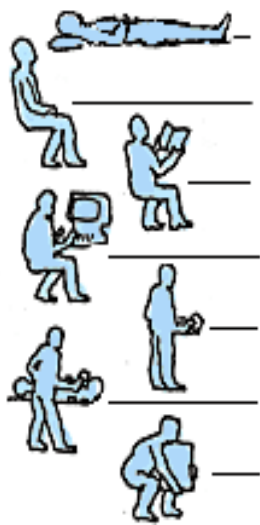
# Mito 10: La estimación del ahorro energético es una ciencia exacta



- A= Illamento do muro
- B= A + illamento da cuberta
- C= B + illamento da planta baixa
- D= C + mellora das fiestras
- E= D+ muro solar
- F =E+ galerías
- G= F+ 1ach
- H= Illamento da cuberta + illamento da planta baixa + mellora das fiestras

**Se estima que más del 30% del ahorro potencial no se obtiene porque deriva en otras mejoras (ej: subiendo la temperatura interior)**

# Termostato y sensación térmica

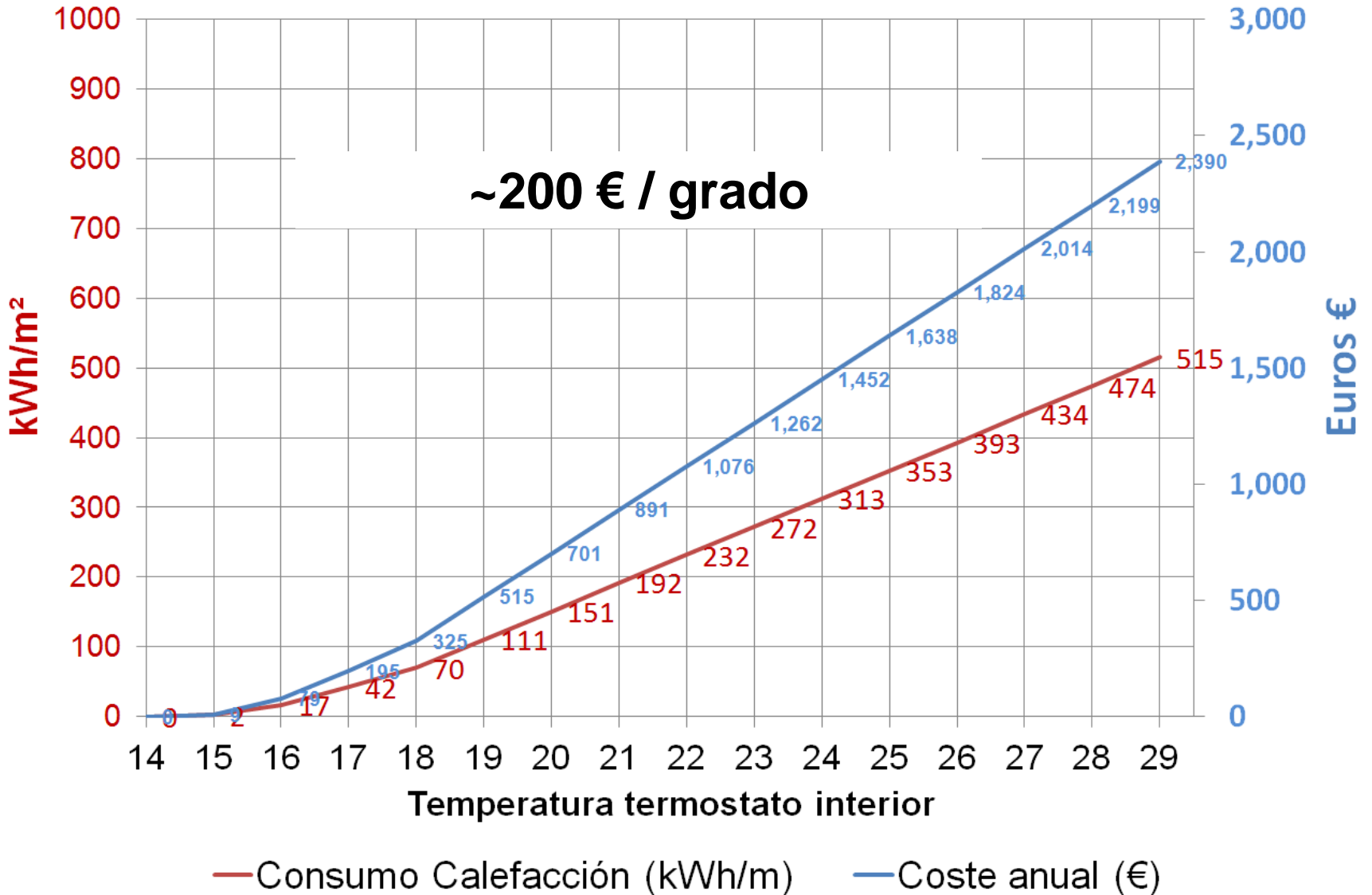


	0 Clo	0.3	0.5	0.8	1.0	1.5
0.8 met	9.4°C	13.4°	15.6°	18.3°	19.7°	22.7°
1	10.7°C	14.5°	16.6°	19.2°	20.7°	23.9°
1.2	12.7°C	16.2°	18.2°	20.8°	22.3°	26.1°
1.4	14.2°C	17.6°	19.6°	22.4°	24.2°	28°
1.6	15.3°C	18.8 °	21.0°	24°	25.9°	29.8°
2.0	17.1°C	21.2 °	23.7°	27°	28.9°	32.7°
2.4	19°C	23.5 °	26.1°	29.5°	31.4°	34.2°

**Temperatura: 18°C**  
**HR: 50%**

- Frío
- Fresquito
- Bien
- Templado
- Calor

# Repercusión energética y económica en relación a la temperatura interior



Supuesto para una vivienda de 100m<sup>2</sup> en un edificio histórico sin aislar  
Precio del kWh : 0.05380 (gasNatural Fenosa, sólo consumo, Mayo 2016)

## **2 Cuestiones :**

**¿Existe una tolerancia [térmica] mayor por vivir en una zona con significado histórico? ¿Es la misma en las nuevas generaciones?**

**¿Tomaríamos medidas de ahorro energético si éstas no tienen un beneficio personal directo?**

# Beneficios ambientales y personales a través de la rehabilitación

Medida técnica	Beneficio ambiental	Beneficio personal
Cambio de combustible	Alto	Cero
Eficiencia caldera	Alto	Cero
Controles	Alto	Moderado
Aislamiento envolvente	Alto	Cero a poco
Acceso luz natural	Moderado	Moderado
Sombreadores	Moderado	Moderado a alto
Luz de tarea	Moderado	Alto
Aumentar la densidad de ocupación	Moderado	Negativo, poco a moderado
Mejoras acústicas	Cero	Alto
Reducir densidad de ocupación	Negativo, moderado	Moderado a alto
Instalar aire acondicionado	Negativo, alto	Alto

Fuente: Baker, 2009