

Módulo 4:

Eficiencia energética

Juan María Hidalgo
Arquitecto investigador, Laboratorio de Control de Calidad en la Edificación,
Gobierno Vasco – Eusko Jaurlaritza

Barcelona, 1 de octubre 2015

Contenidos

1. La Eficiencia Energética del parque inmobiliario actual.

- Estudio de la edificación residencial construida según CTE DB-HE 2006.
- Definición práctica de conceptos fundamentales: demanda térmica y consumo energético.

2. Mejoras en la envolvente térmica.

- Envolvente opaca.
- Carpinterías.
- Puentes térmicos.

3. Mejoras en la ventilación

- Necesidad de ventilación y normativa.
- Impacto de la ventilación en la demanda energética.
- Tipos de sistemas de ventilación.
- Estanqueidad de la envolvente.

4. Mejoras en los sistemas Activos

- Sistemas tradicionales: Calderas estándar, baja temperatura, condensación.
- Sistemas alternativos: Bomba de calor, Biomasa y Cogeneración.
- Fachadas activas y potencial futuro: Ensayos de control
- Integración y optimización de sistemas: Simulaciones de operación y redimensionado

5. Casos prácticos.

- Construido y monitorizado: Vivienda unifamiliar Passivhaus.
- Construido y ensayado: 176 viviendas de calificación A+.
- Construido y ensayado: vivienda bifamiliar Passivhaus, nueva/rehabilitada.

6. Repaso y conclusiones.

1. La Eficiencia Energética del parque inmobiliario actual



- Estudio de la edificación residencial construida según CTE DB-HE 2006.
- Repaso de conceptos fundamentales:
Demanda térmica
Consumo energético.
- Distribución de la demanda, pérdidas de calor a través de:
Ventilación
Envolvente térmica

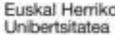
Área de Térmica, del Laboratorio de Control de Calidad en la Edificación del Gobierno Vasco.

1.1. Edificación residencial construida según CTE DB-HE 2006.

- Planteamiento del estudio: CEE de **3.383 viviendas** en 38 promociones de la CAPV.



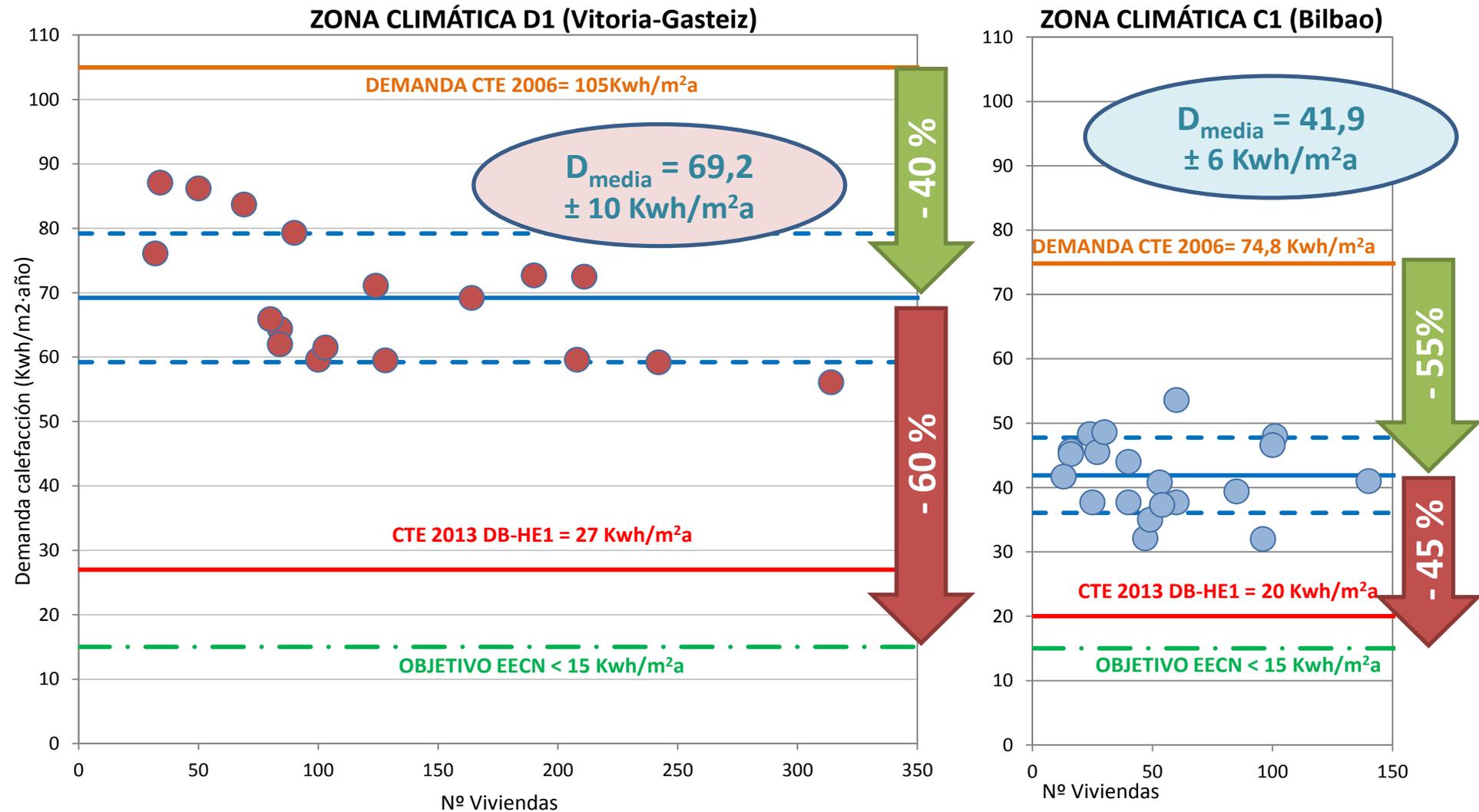
- Objetivo: Conocer las **mejoras necesarias** para DB-HE 2013 y EECN residencial.

 Universidad del País Vasco	 Euskal Herriko Unibertsitatea	 EUSKO JAURLARITZA ENPLEGU ETA GIZARTE POLITIKETAKO SAILA	 GOBIERNO VASCO DEPARTAMENTO DE EMPLEO Y POLÍTICAS SOCIALES	 en9di Grupo de Energética en la Edificación Máquinas y Motores Térmicos UPV/EHU
TERMIKA ARLOA EUSKO JAULARITZAKO ETXEGINTZAREN KALITATEA KONTROLATZEKO LABORATEGIA		AREA TERMICA LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD EN LA EDIFICACION DEL GOBIERNO VASCO		

Área Térmica del Laboratorio de Control de Calidad en la Edificación del Gobierno Vasco.

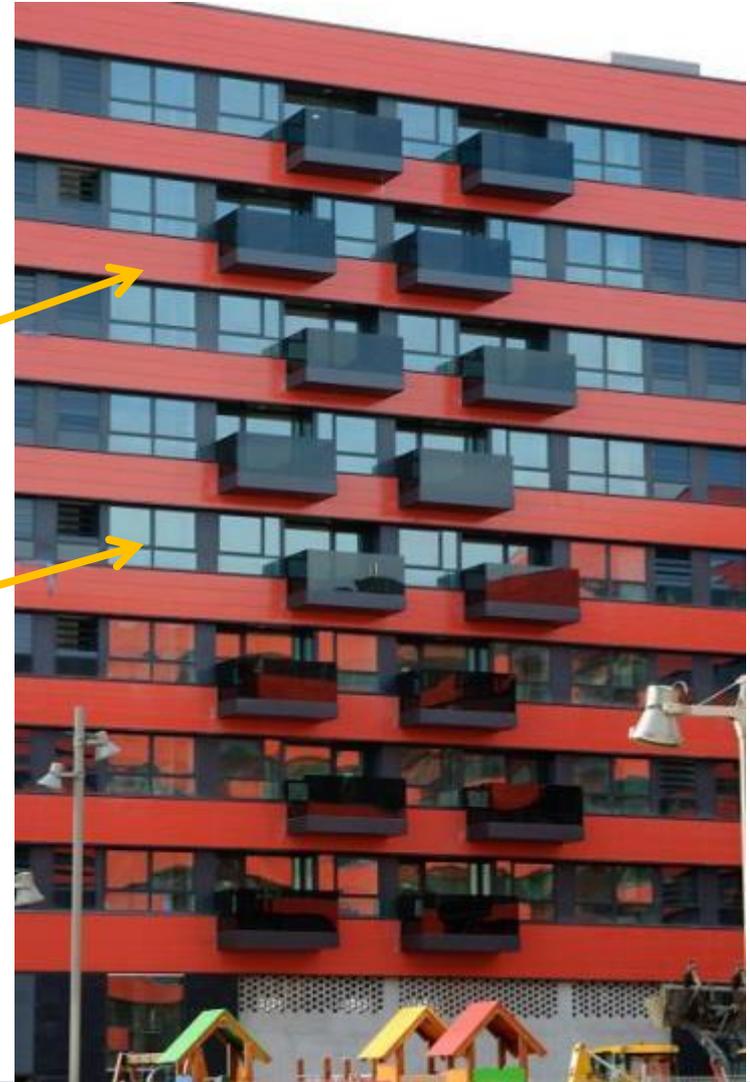
1.1. Edificación residencial construida según CTE DB-HE 2006.

- Categorización según zonas climáticas y dimensiones del edificio.



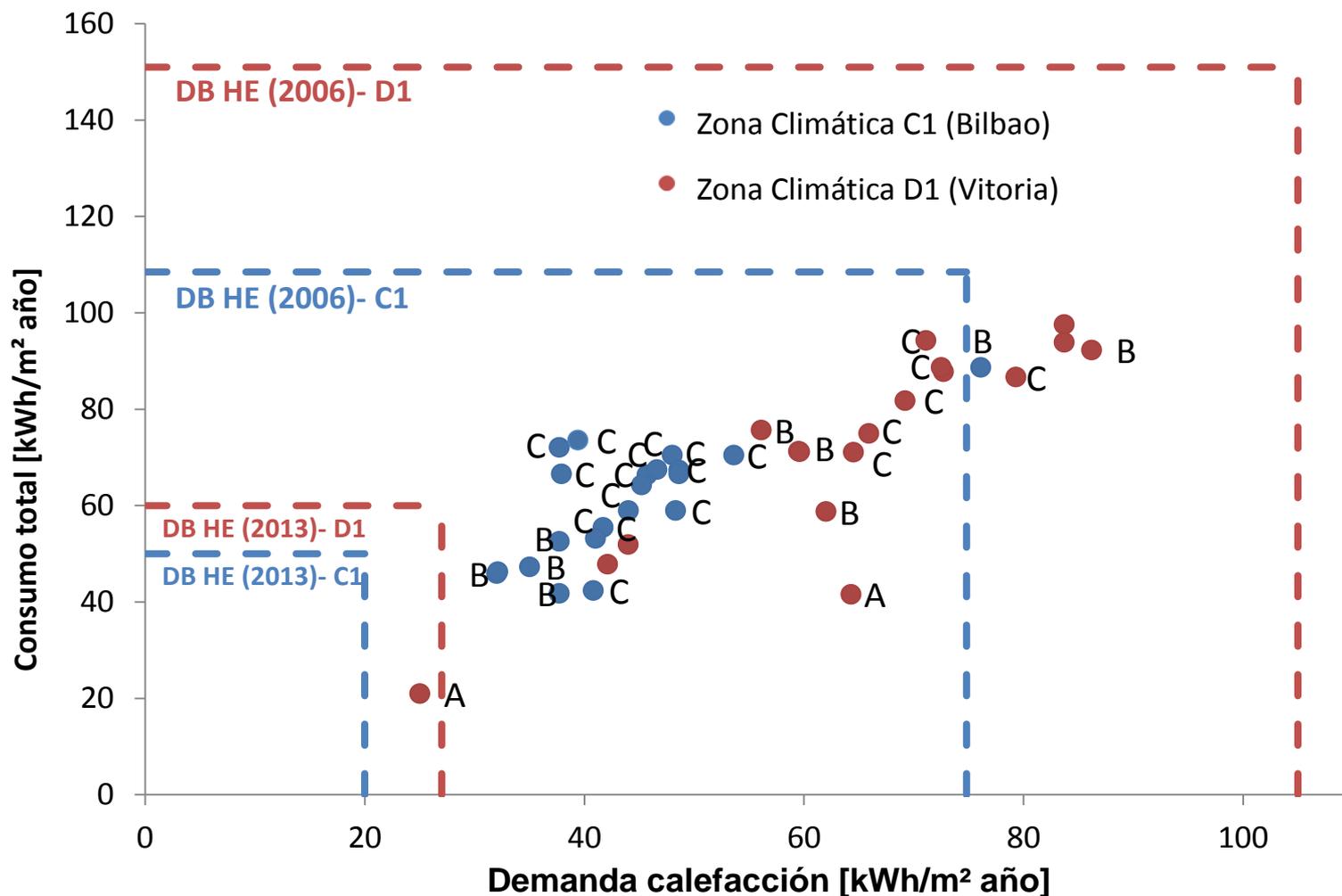
1.1. Edificación residencial construida según CTE DB-HE 2006.

	¿Cómo se ha construido los últimos años?
E aislamiento medio (cm)	5
U envolvente media (W/m^2k)	0,5
U ventanas media (W/m^2k)	3



Área Térmica del Laboratorio de Control de Calidad en la Edificación del Gobierno Vasco.

1.2. Repaso: demanda térmica y consumo energético.

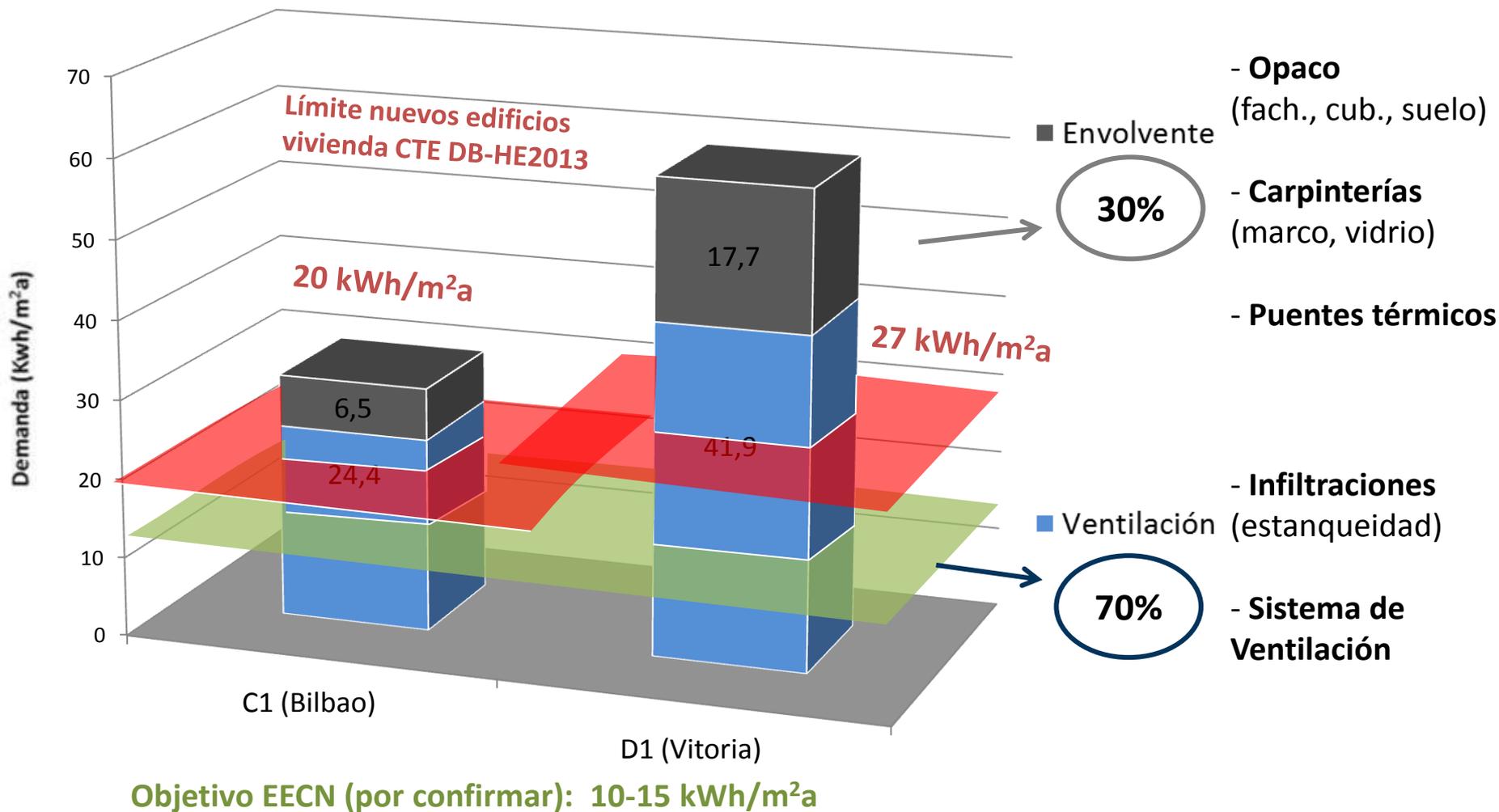


Muestra para el análisis:

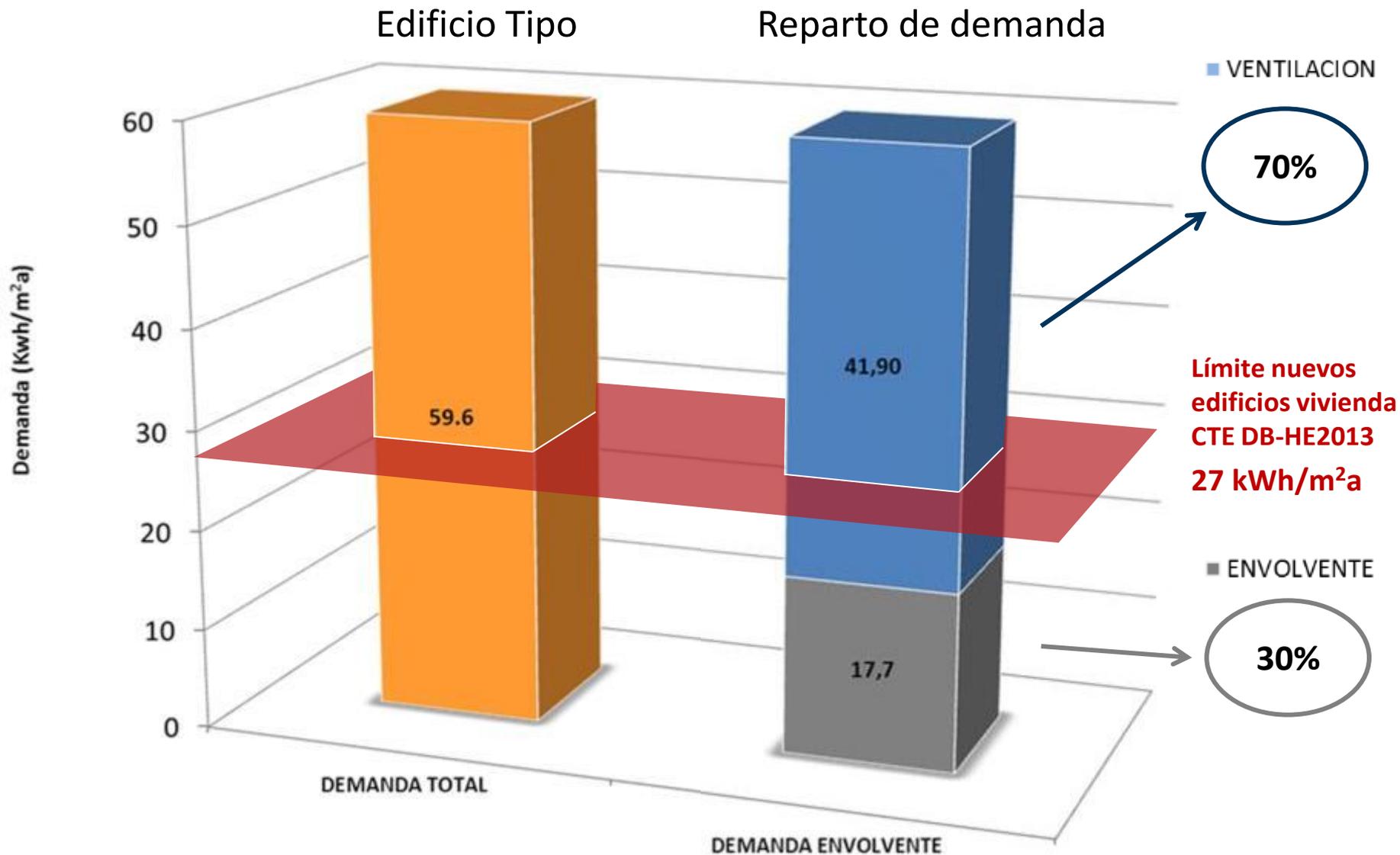
38

promociones de viviendas de la CAV

1.3. Distribución de la Demanda Energética



1.3. Distribución de la Demanda Energética



2. Mejoras en la envolvente térmica.



Área de Térmica, del Laboratorio de Control de Calidad en la Edificación del Gobierno Vasco.

- Potencial de la envolvente opaca.

Ensayos de control

- Potencial de las carpinterías.

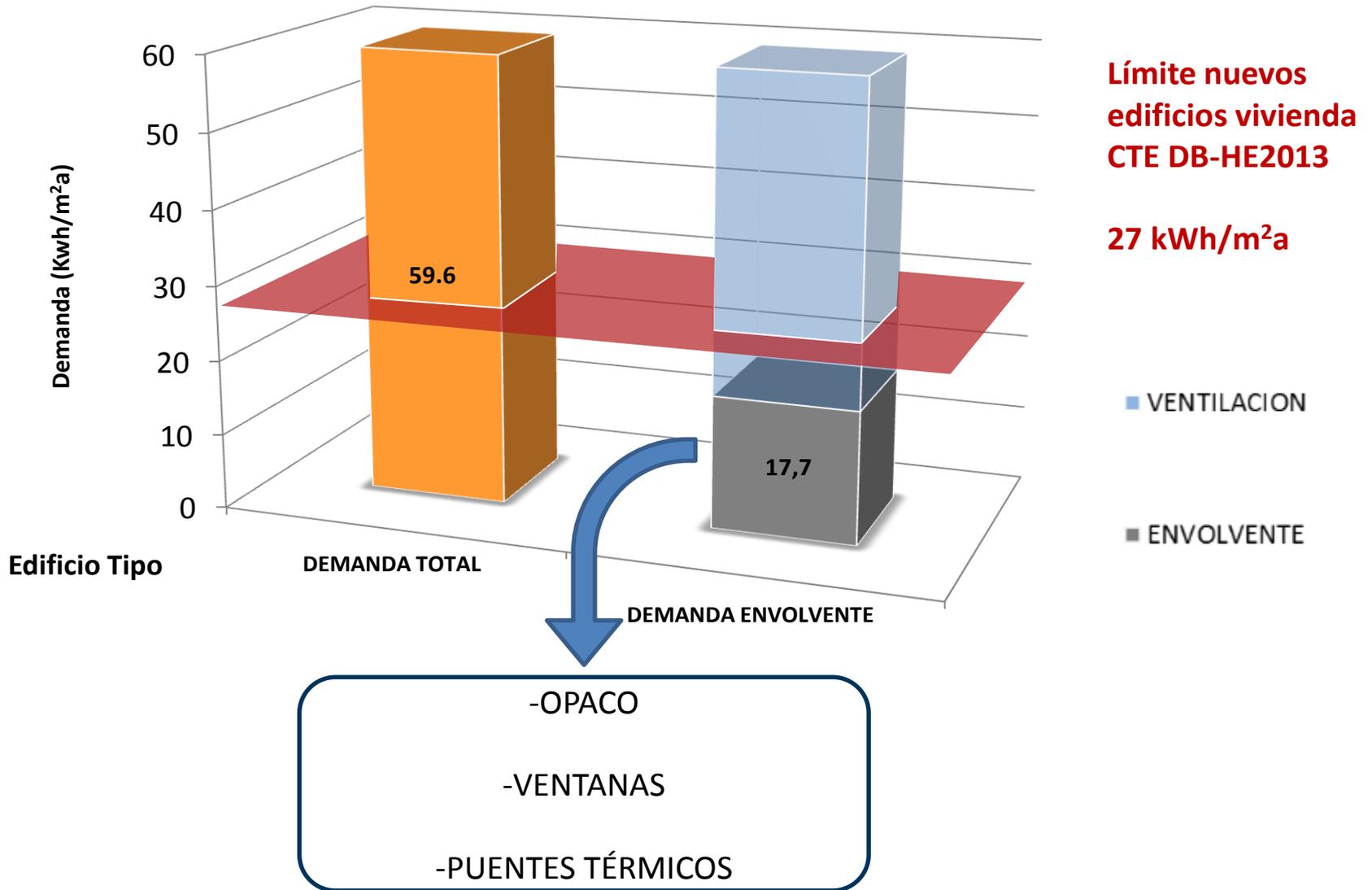
Ensayos de control

- Incidencia de los Puentes Térmicos.

Modelos de simulación de PT

Inspecciones de termografía infrarroja

2.1. Potencial de la parte opaca

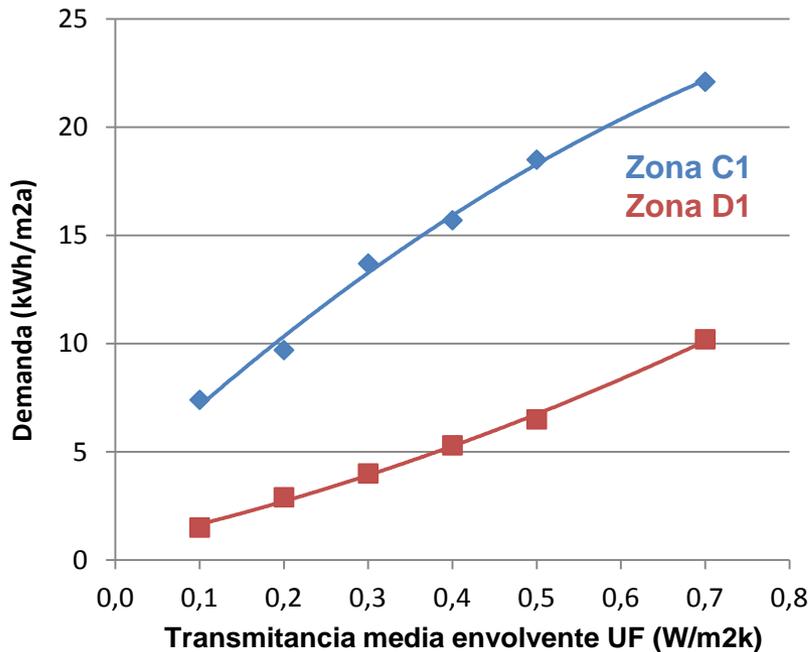


2.1. Potencial de la parte opaca

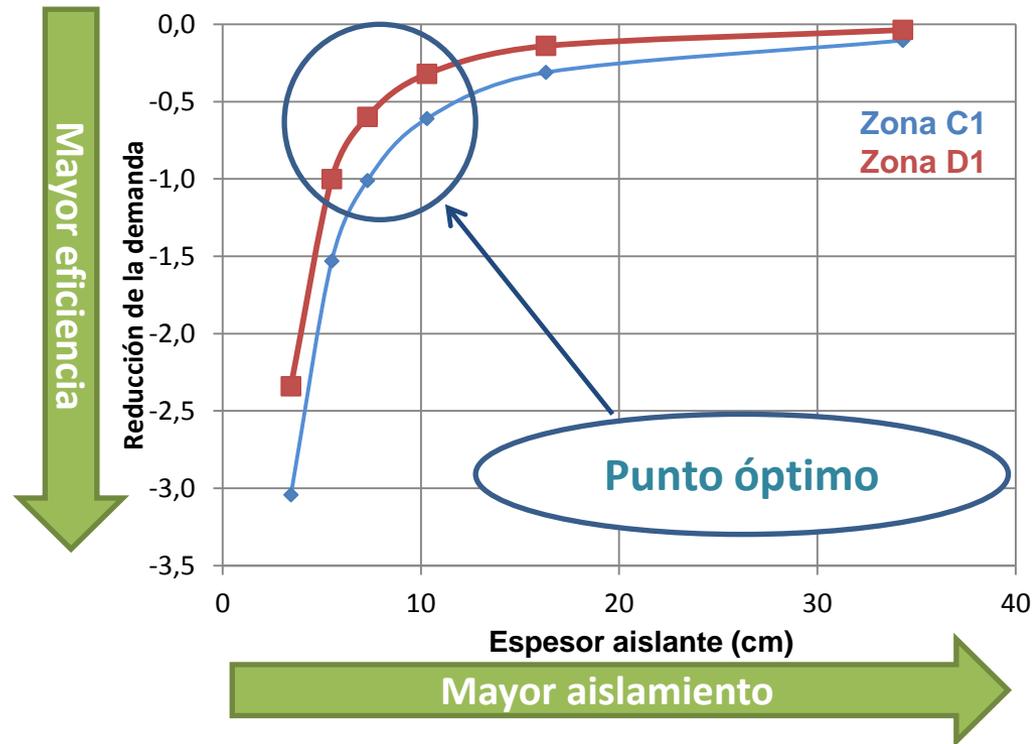
EFICIENCIA DE AISLAMIENTO

U_v [W/m ² K]	U_{ET} [W/m ² K]	$e_{aislante}$ [cm]	DEMANDA [kWh/m ² a]	Eficacia [%]
2.4	0.7	3	22.1	-3.0
	0.5	6	18.5	-1.5
	0.4	8	15.7	-1.0
	0.3	10	13.7	-0.6
	0.2	16	9.7	-0.3
	0.1	34	7.4	-0.1

Edificios Tipo de las zonas climática C1 y D1



¿Hasta dónde?

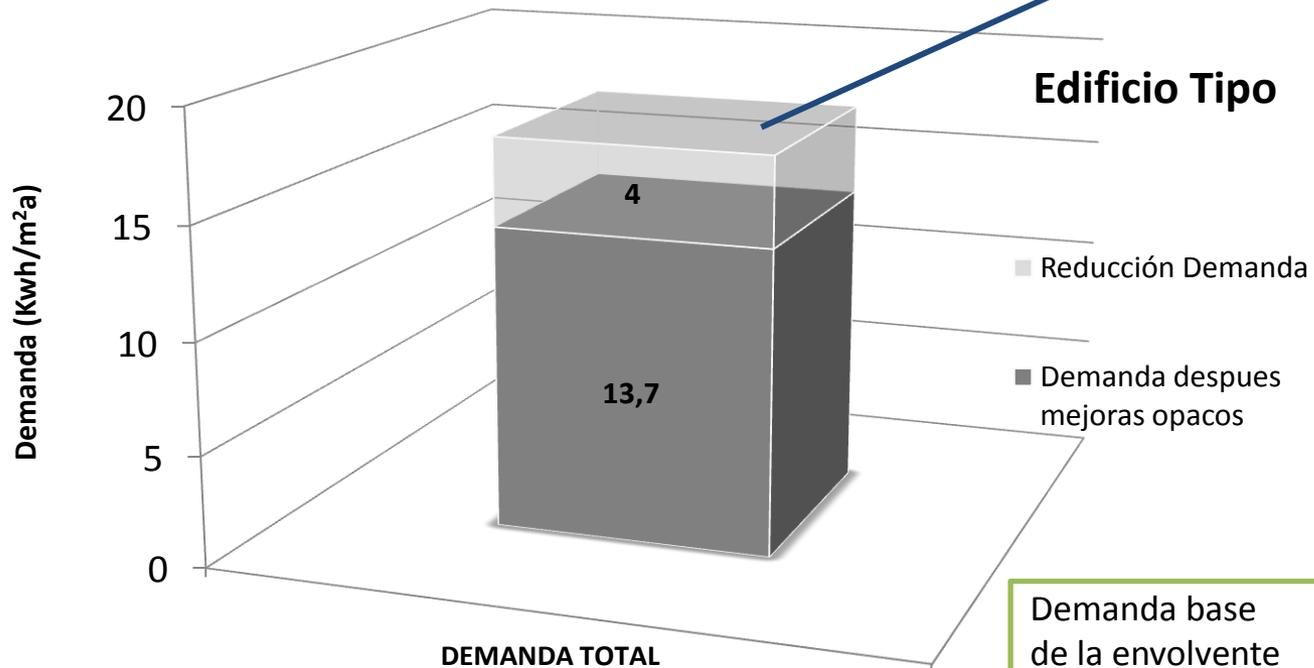


2.1. Potencial de la parte opaca

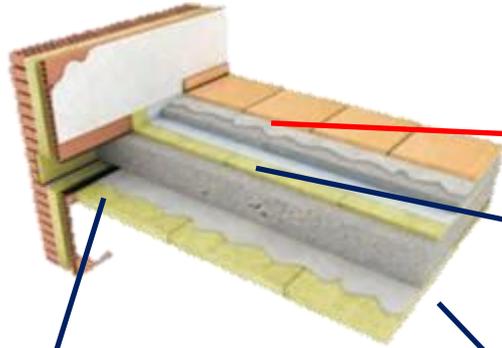
EFICIENCIA DE AISLAMIENTO – REDUCCIÓN DE LA DEMANDA

U_v [W/m ² K]	U_f [W/m ² K]	e_{aislante} [cm]	DEMANDA [kWh/m ² a]	Eficacia [%]
2.4	0.7	3	22.1	-3.0
	0.5	6	18.5	-1.5
	0.4	8	15.7	-1.0
	0.3	10	13.7	-0.6
	0.2	16	9.7	-0.3
	0.1	34	7.4	-0.1

**23%
reducción**



2.1. Potencial de la parte opaca: Ensayos de Control



Conductividad materiales - λ [W/mK]

Aislamientos térmicos (< 0,1 W/mK): UNE-EN 12667:2002

Materiales no aislantes: ASTM C1114-06(2013)

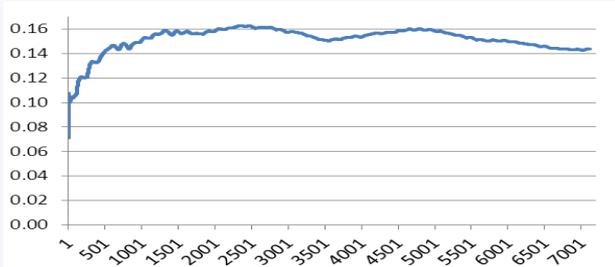
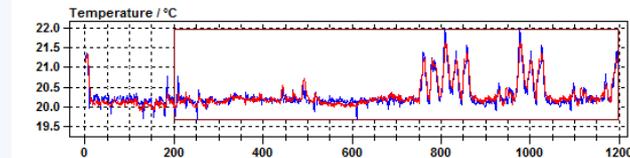


Resistencia soluciones constructivas - R [m²K/W]

UNE-EN ISO 8990:1997

Resistencia *in situ*- R [m²K/W]

ISO 9869-1:2014



Area Térmica del Laboratorio de Control de Calidad en la Edificación del Gobierno Vasco.

2.1. Potencial de la parte opaca: Ensayos de Control

- Ejemplo aplicación: Estudio teórico de aislantes multicapa (bajo emisivos)



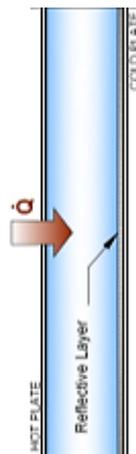
Fabricante: 1 cm → 8cm



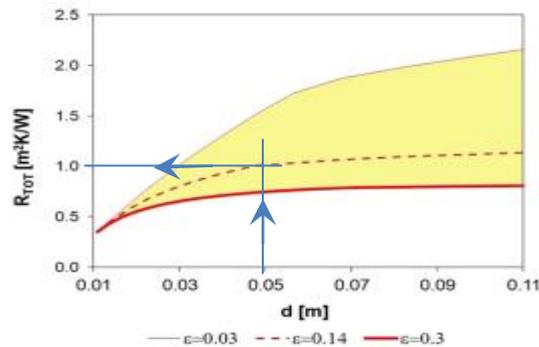
En Laboratorio: 1 cm

$R_{\text{material}} = 0,30 \text{ [m}^2\text{K/W]}$

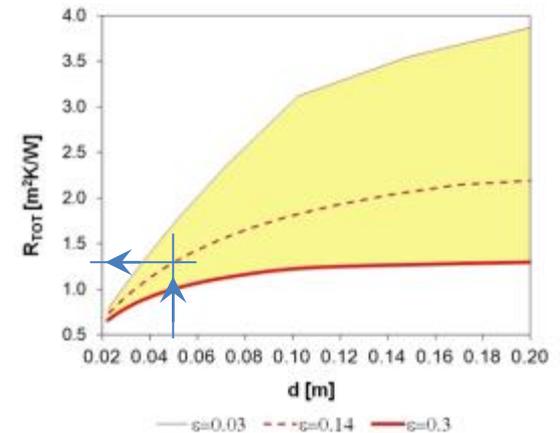
$\varepsilon = 0,14$



Aislante con 1 cámara



Aislante con 2 cámaras



$e_{\text{aislamiento}}: 5\text{cm} \rightarrow$ 1 ca: $R_{\text{total}} = 1,03 \text{ [m}^2\text{K/W]}$
2 ca: $R_{\text{total}} = 1,25 \text{ [m}^2\text{K/W]}$

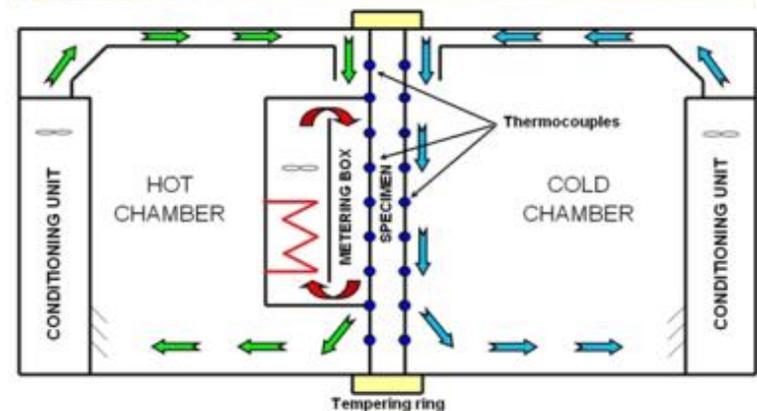
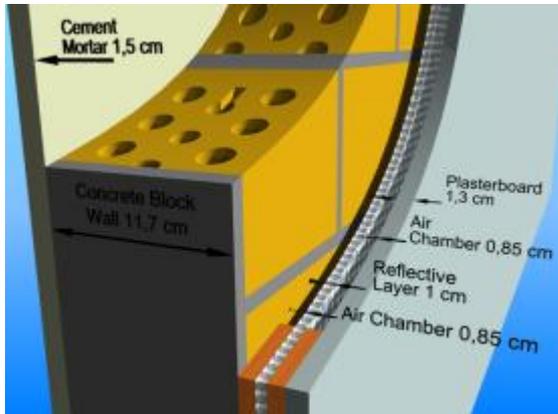
$R_{\text{conv}} = 1,50 \text{ [m}^2\text{K/W]}$
 e_{eq} 5 cm aislamiento, no 8 cm.

2.1. Potencial de la parte opaca: Ensayos de Control

- Ejemplo aplicación: Ensayo de muro con aislamiento multicapa
UNE-EN ISO 8990:1997. Determinación de las propiedades de transmisión térmica en régimen estacionario. Métodos de la caja caliente guardada y calibrada.

$$U_{\text{fachada}} = 0,75 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

$$R_{\text{ensayo}} = 1,16 \text{ [m}^2\text{K/W]}$$



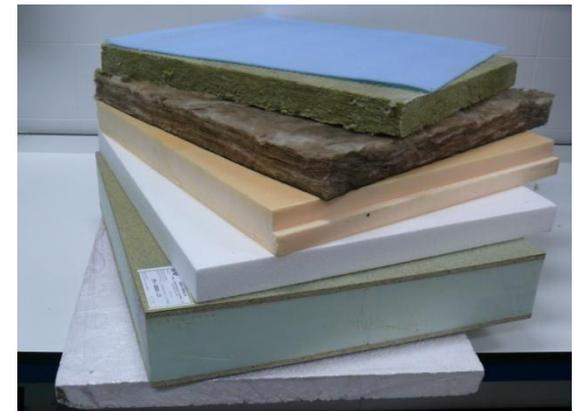
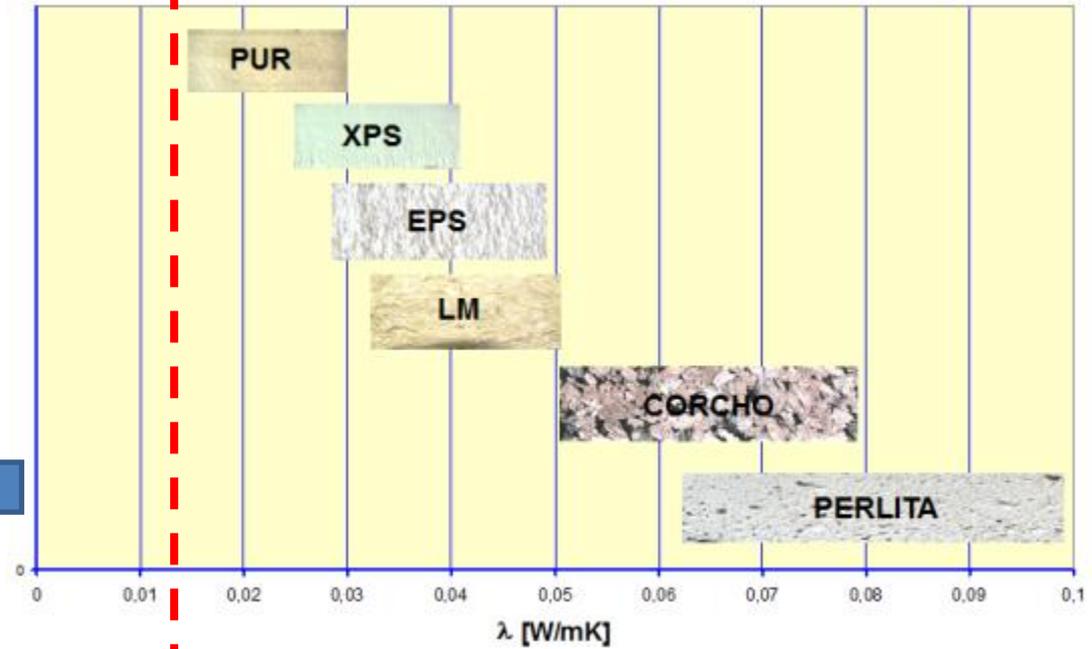
2.1. Potencial de la parte opaca: Tipos de aislamiento térmico

- Aislantes térmicos más habituales:

Aerogel ($\lambda = 0,012$ [W/mK])



Vacio ($\lambda = 0,001$ [W/mK])



2.1. Potencial de la parte opaca: Tipos de aislamiento térmico

- Materiales de origen natural:



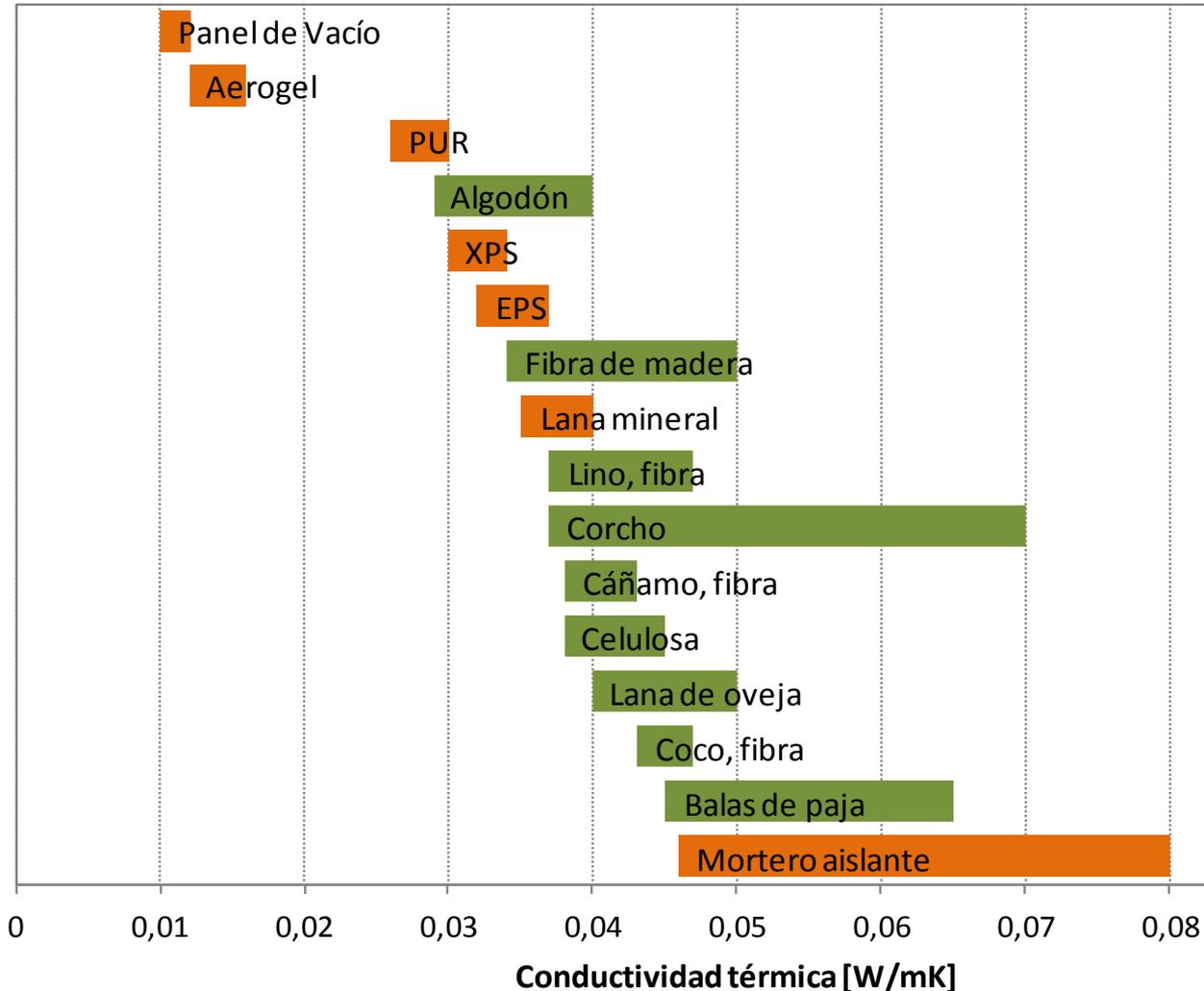
	IMAGEN DEL PRODUCTO	MATERIA PRIMA	FORMATO	RESIDUO	ECO-DATA	ESPESOR	DENSIDAD	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	RESISTENCIA TÉRMICA	CALOR ESPECÍFICO	COEFICIENTE DE DIFUSIÓN AL VAPOR	ENERGÍA INCORPORADA A LOS MATERIALES	COSTE
Fibra de Madera		Madera	Panel	Separación Selectiva	Biodegradable y Reciclado	6-240 (mm)	25-260 kg/m ³	0,037-0,050 W/mK	0,10-4,15 m ² K/W	2100 J/kgK	1-2 μ	5-25 MJ/kg ₂	< 40€/m ²
Corcho		Otros. Árbol de Corcho	Panel o Rollo	Separación Mínima. Se utiliza para hacer biomasa	Biodegradable	2-10 (mm)	120-250 kg/m ³	0,040-0,150 W/mk	-	1670 J/kgK	5-30 μ	1-25 MJ/kg ₂	< 25€/m ²
Fibra de Cañamo		Cañamo	Panel	Separación Selectiva	Reciclado y biodegradable	30-220 (mm)	30-45 kg/m ³	0,038 W/mk	0,75-5,50 m ² *K/W	2300 J/(kg*K)	1-2 μ	1-40 MJ/kg ₂	< 25€/m ²
Balas de Paja		Paja	Bala	Separación Selectiva	Biodegradable	350-450 (mm)	100 kg/m ³	0,045 y 0,065 W/mk	-	-	1-10 μ	-	entre 1 a 4 €/Bala de paja 11 a 12 €/m ³
Celulosa		Papel-Carton. Papel de periódico reciclado	Panel, rollo, proyectado y a granel	Separación mínima	Reciclado	-	28-40 kg/m ³	0,039 W/mk	-	1800 J/kgK	≤ 1 μ	1-25 MJ/kg ₂	< 25€/m ²
Fibra de Lino		Lino	Panel, rollo y proyectado	Separación mínima	Reciclable	45 a 100 (mm)	40-50 kg/m ³	0,037-0,047 W/(m*K)	-	1500 J/(kg*K)	1-2 μ	25-40 MJ/kg ₂	< 25 €/m ²
Fibra de Coco		Fibra de la corteza del coco	Panel o Rollo	Separación Selectiva	Biodegradable	-	70-110 kg/m ³	0,043-0,047 W/(m*K)	-	1500 J/(kg*K)	1-2 μ	1-10 MJ/kg ₂	< 40€/m ²
Algodón		Algodón	Rollo	Separación Selectiva	Biodegradable	-	25-40 kg/m ³ (lana soplada) 20-60 kg/m ³ (lana en manta)	0,029-0,040 W/(m*K)	-	840 J/(kg*K)	1-2 μ	40-50 MJ/kg ₂	< 10€/m ²

Fuentes: www.beyondsustainable.net
www.ecohabitar.org

Área Térmica del Laboratorio de Control de Calidad en la Edificación del Gobierno Vasco.

2.1. Potencial de la parte opaca: Tipos de aislamiento térmico

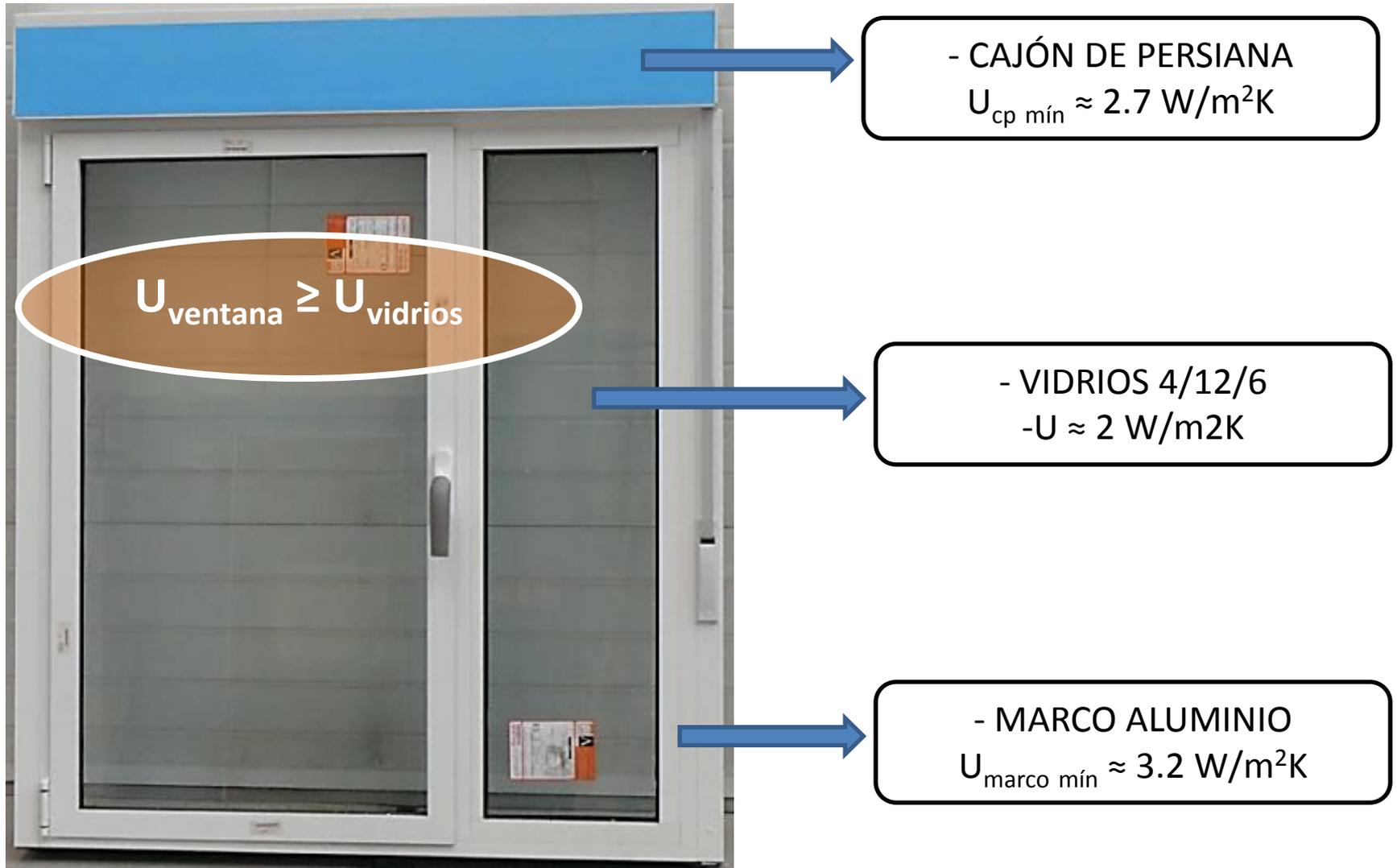
- Materiales tradicionales y de origen natural:



Fuentes: www.beyondsustainable.net
www.ecohabitar.org

2.2. Potencial de las carpinterías.

- Durante los últimos años, la ventana promedio que se ha instalado ha sido:



2.2. Potencial de las carpinterías.

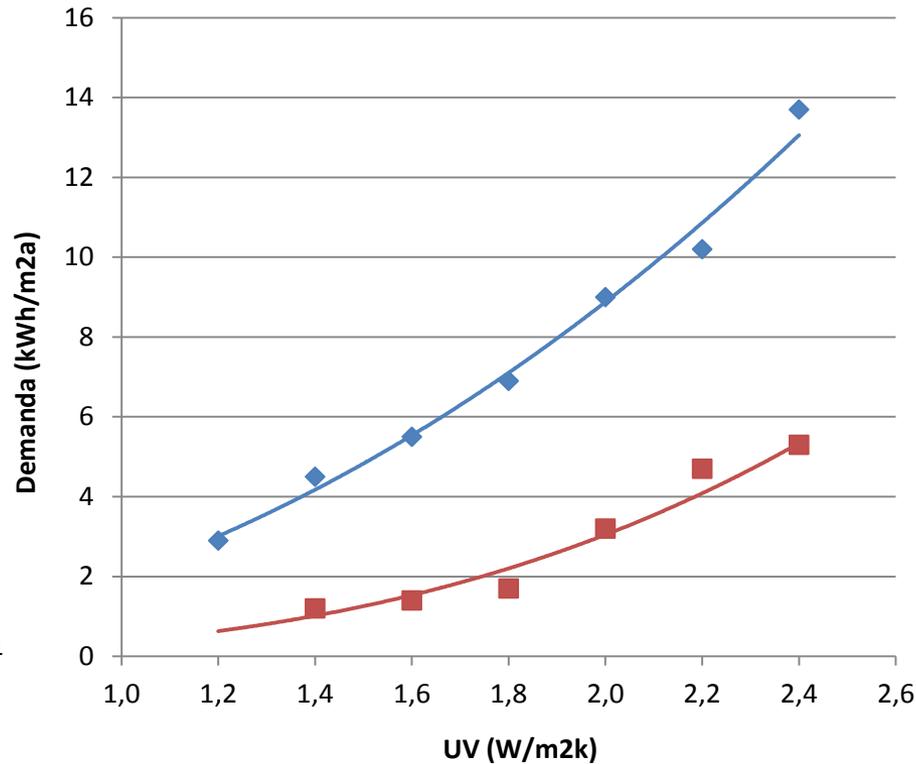
- Valorar las tecnologías disponibles y su coste económico.

¿Hasta dónde?

No hay
punto óptimo

Equilibrio
económico
del proyecto

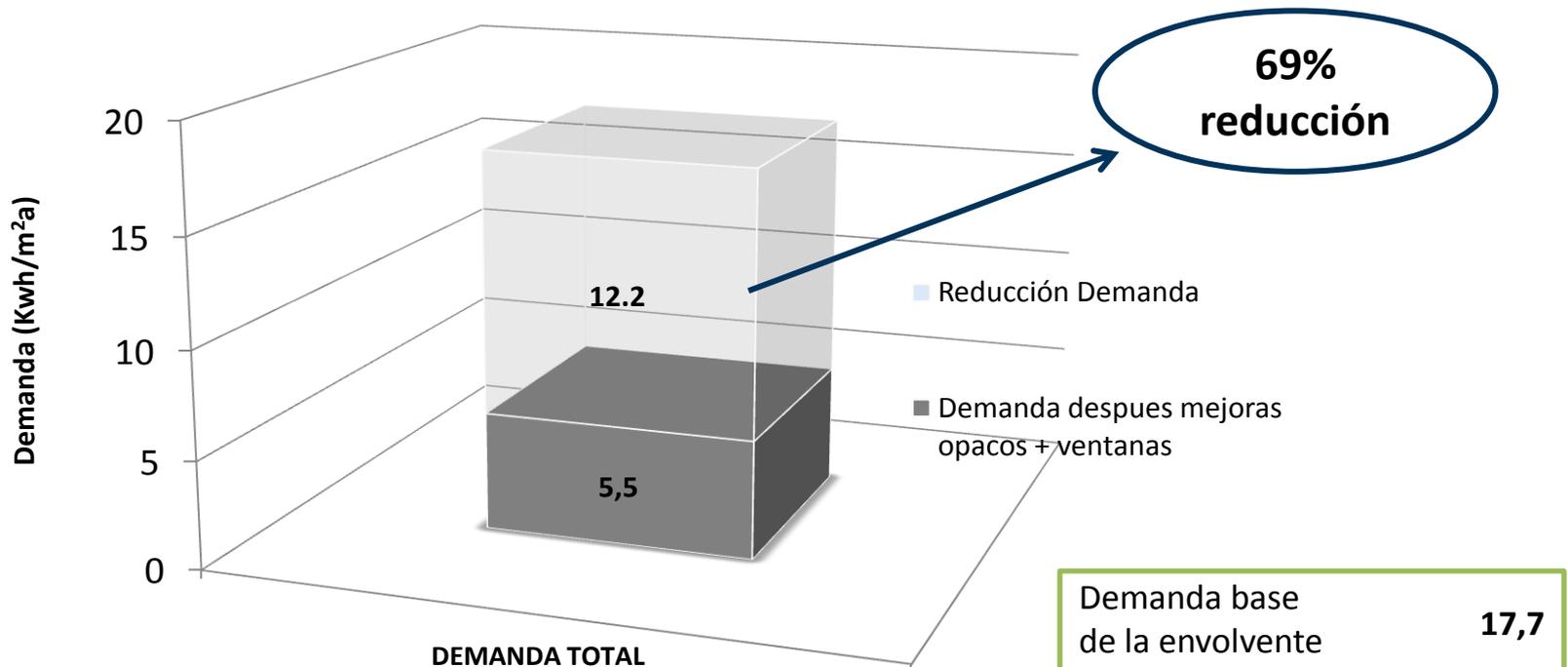
Edificios Tipo
de las zonas
climática C1 y D1



2.2. Potencial de las carpinterías.

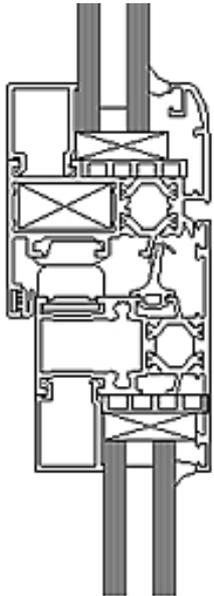
EFICIENCIA DE CARPINTERÍAS– REDUCCIÓN DE LA DEMANDA

U_F [W/m ² K]	U_V [W/m ² K]	DEMANDA [kWh/m ² a]	Eficacia [%]
0.3	2.4	13.7	12.7
	2.2	10.2	11.3
	2.0	9.0	9.9
	1.8	6.9	8.4
	1.6	5.5	7.0
	1.4	4.5	5.6
	1.2	2.9	4.2



2.2. Potencial de las carpinterías: Ensayos de control.

- EN-ISO 12567-1:2011. Comportamiento térmico de puertas y ventanas. Determinación de la transmitancia térmica por el método de la caja caliente. Parte 1: Puertas y ventanas completas.



Fabricante perfil:

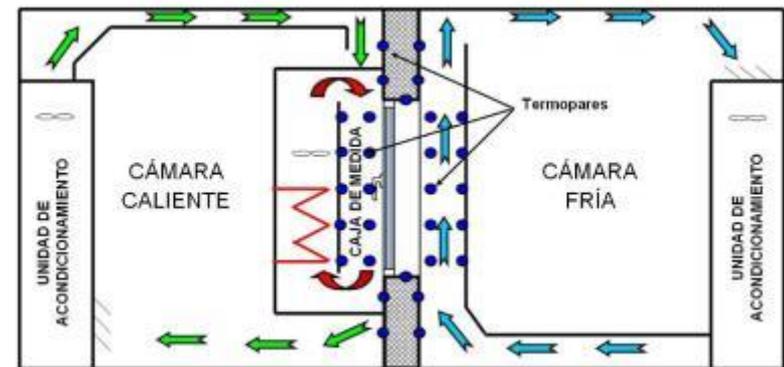
$$2000 \rightarrow U_{\text{perfil}} = 3,4 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

$$2007 \rightarrow U_{\text{perfil}} = 2,4 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

$$2012 \rightarrow U_{\text{perfil}} = 1,8 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$



$$\text{Ensayo} \rightarrow U_{\text{perfil}} = 3,6 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$



2.2. Potencial de las carpinterías: Ensayos de control.

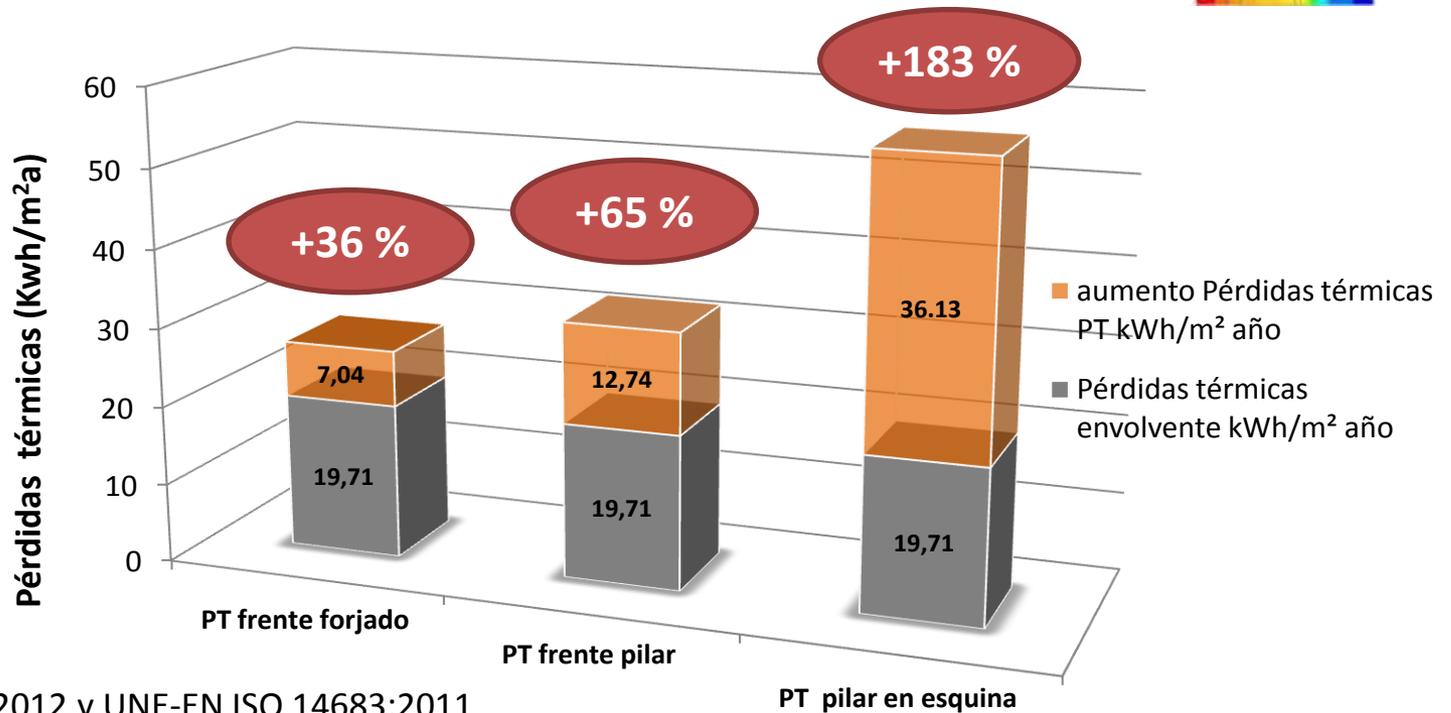
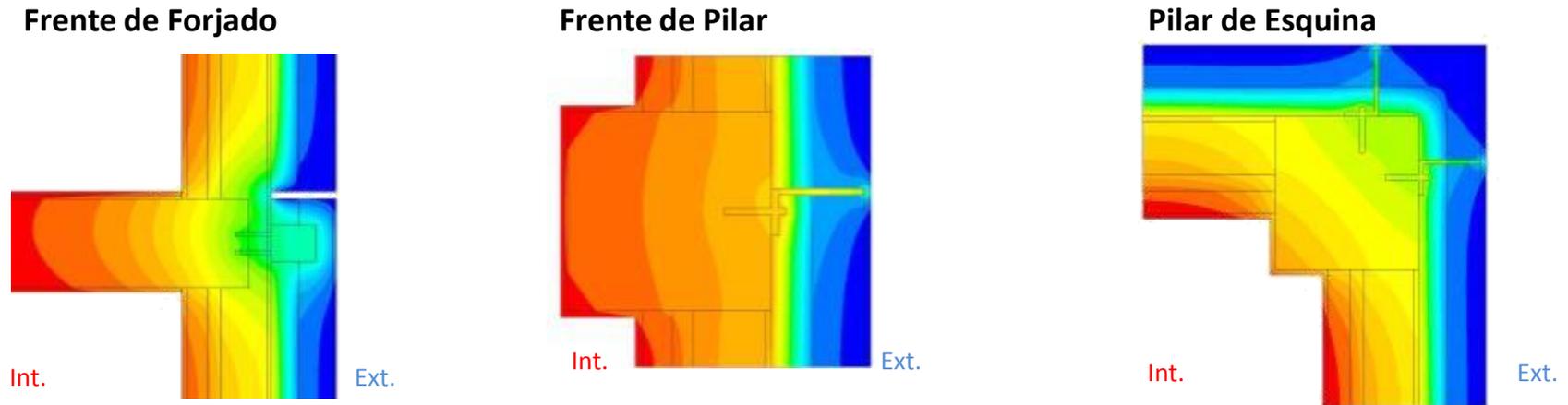
VIDRIO	BAJO EMISIVO	MARCO	CAJON PERSIANA	VALOR U (W/m²k)
8/15/10	No	Aluminio	PVC + Neopreno	3.44
8/15/10	No	Aluminio	-	3.14
8/15/10	No	Al. Junquillo poliamida	-	3.11
Fijo: 6/10/8 Pract: 4/12/4	No	Aluminio	PVC	3.07
6/12/5	Si	Aluminio	PVC + Aislamiento EPS	2.94
4/14/6	No	Aluminio	PVC	2.94
8/10/6	NO	Aluminio	PVC+Polietileno reticulado	2.92
Fijo: 4/16/6 Pract: 4/15/6	No	Aluminio	PVC	2.86
6/16/4	No	Aluminio	PVC+Polietileno reticulado	2.7
6/16/8	No	Aluminio	PVC	2.63
8/15/10	Si	Al. Junquillo poliamida	PVC + EPS	2.58
Fijo: 6/10/4 Pract: 4/12/4	No	Aluminio	PVC	2.55
6/16/8	Si	Aluminio	-	2.45
6/12/5	No	Aluminio	-	2.37
6/12/6	SI	Aluminio	PVC + EPS	2.3
8/12/10	Si	Aluminio	-	2.25
4/12/4	Si	Aluminio	PVC + EPS	2.25
Fijo: 4/16/6 Pract: 4/12/6	SI	Aluminio	PVC	2.23
8/12/10	Si	Aluminio	PVC + Aislamiento EPS	2.15
6/15/4	Si	Aluminio	PVC + EPS	2.07
8/16/10	Si + Argon	Aluminio	-	1.88
6/16/8	Si	Aluminio	-	1.49

La mejor solución para carpinterías de aluminio incluye:

BAJO EMISIVO
+
BUENOS VÍDRIOS
+
BUENA ROTURA PT

Otras posibilidades:
Estudiar otros materiales:
PVC, PU,...

2.3. Impacto de los Puentes Térmicos.



UNE-EN ISO 10211:2012 y UNE-EN ISO 14683:2011

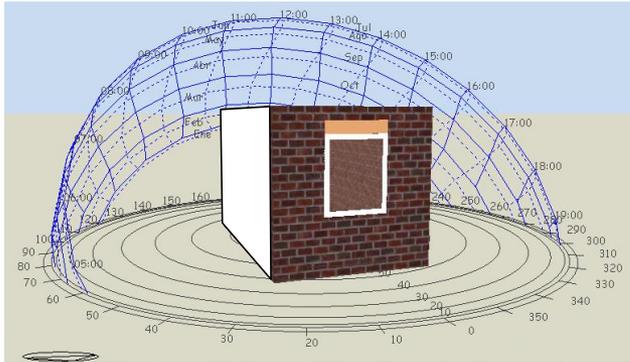
Área Térmica del Laboratorio de Control de Calidad en la Edificación del Gobierno Vasco.

Juan María Hidalgo.

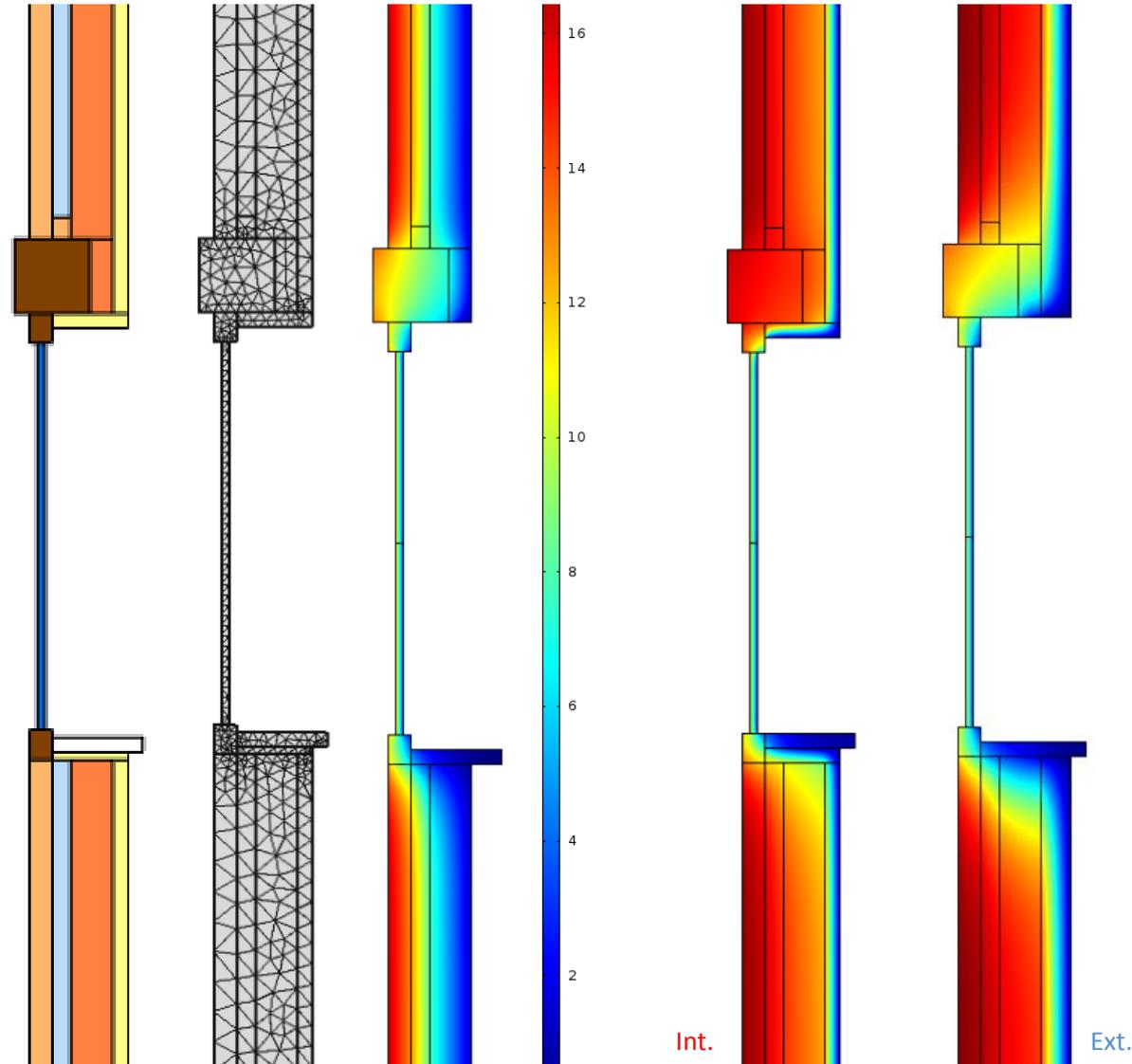
termica@euskadi.eus

2.3. Impacto de los Puentes Térmicos.

- Rehabilitaciones SATE:
Hueco de ventana

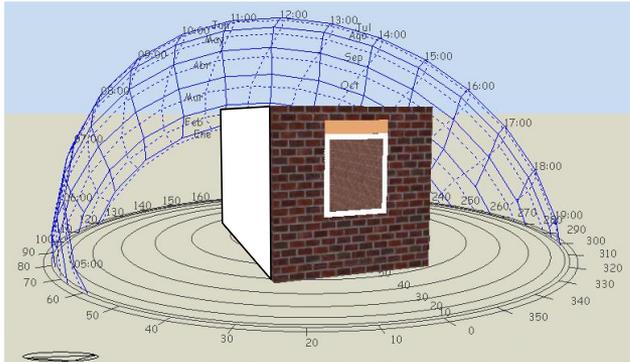


- Comparación de distintas soluciones SATE, según su espesor de aislamiento en la fachada principal y en la mocheta, capialzado y alféizar.
- UNE-EN ISO 10211:2012 y
UNE-EN ISO 14683:2011



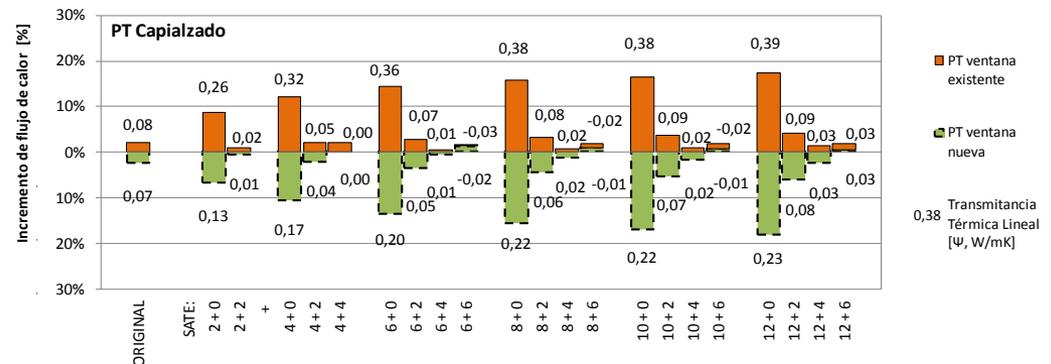
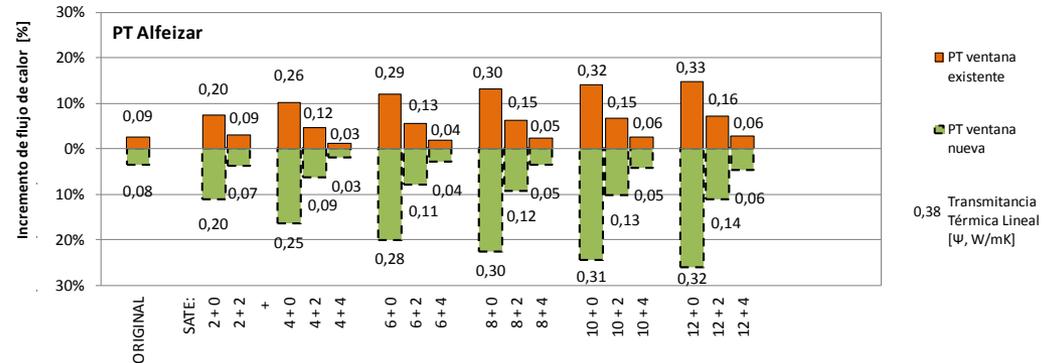
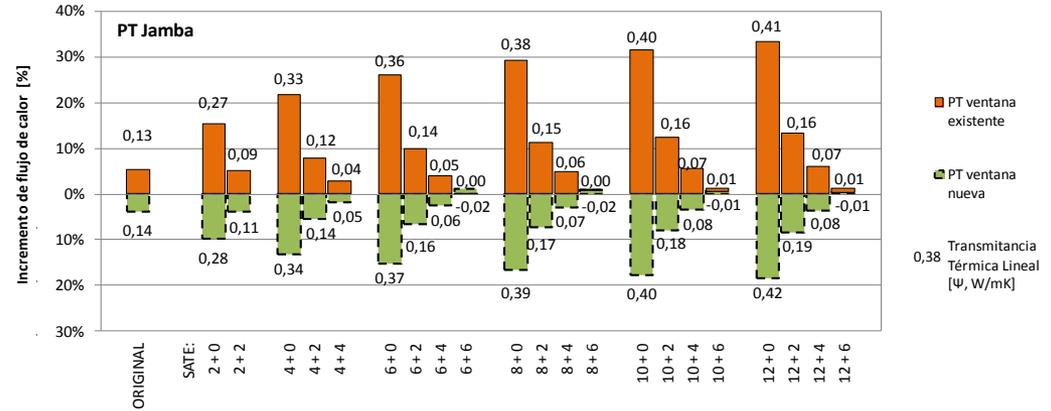
2.3. Impacto de los Puentes Térmicos.

- Rehabilitaciones SATE:
Hueco de ventana



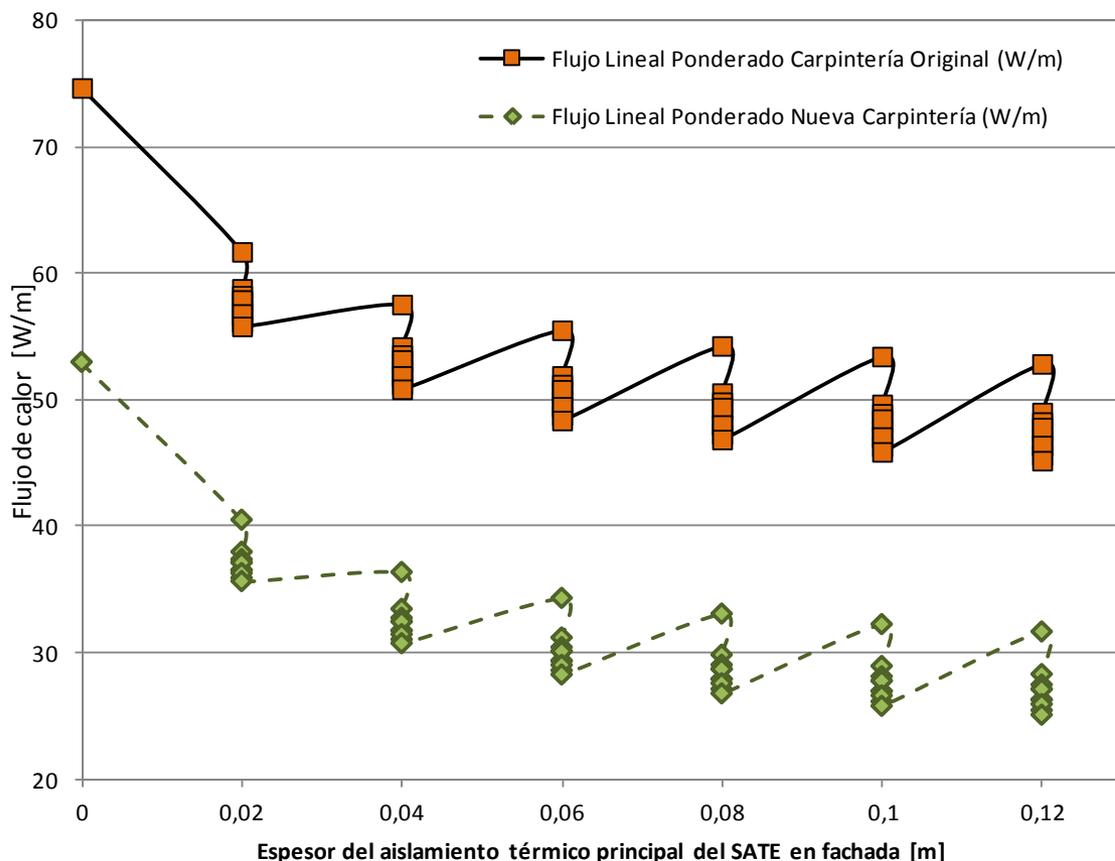
+30 %

- El efecto de puente térmico del aislamiento irregular en el hueco de fachada, puede provocar incrementos de las pérdidas por fachada entre 8 y el 32% (no se han considerado las pérdidas por la caja de persiana).



2.3. Impacto de los Puentes Térmicos.

- Evolución del flujo de calor por fachada: Comparación de las distintas soluciones con espesor de SATE en fachada y mochetas.



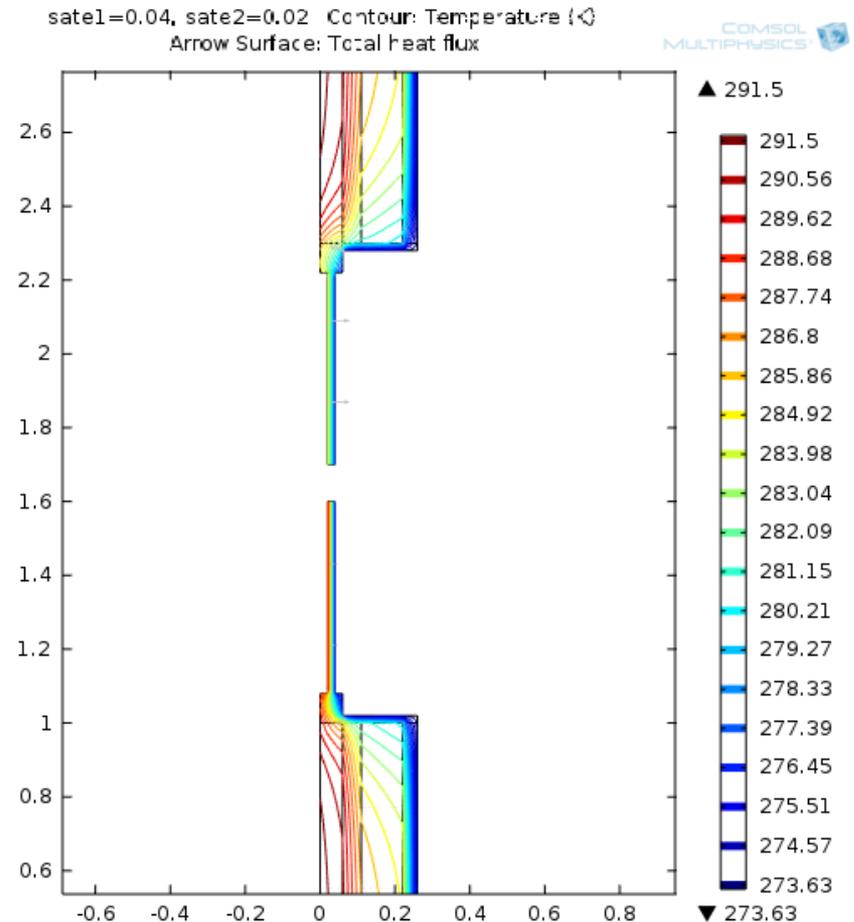
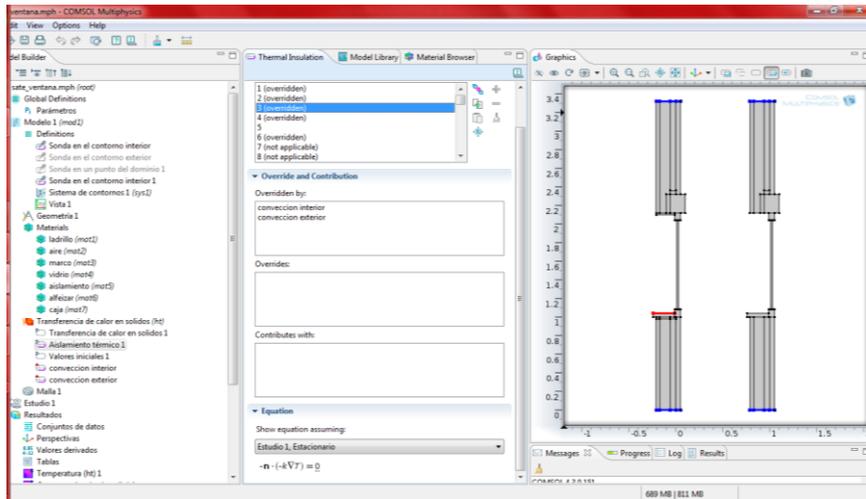
- Demanda de calefacción en una habitación tipo, por zonas climáticas en la orientación Norte.

Caso 1: Solo SATE	Demanda habitación tipo (kWh/m ² /a)		
	Zona climática	C1	D1
Fach. original	73,3	96,6	117,1
SATE 4 + 4	40,4	56,4	70,8
SATE 8 + 0	49,2	67,3	83,4

Caso 2: SATE + Carpinterías	Demanda habitación tipo (kWh/m ² /a)		
	Zona climática	C1	D1
Fach. original	61,4	81,9	99,8
SATE 4 + 4	28,5	41,4	52,9
SATE 8 + 0	34,8	49,3	62,2

2.3. Impacto de los Puentes Térmicos: Modelos de simulación de PT.

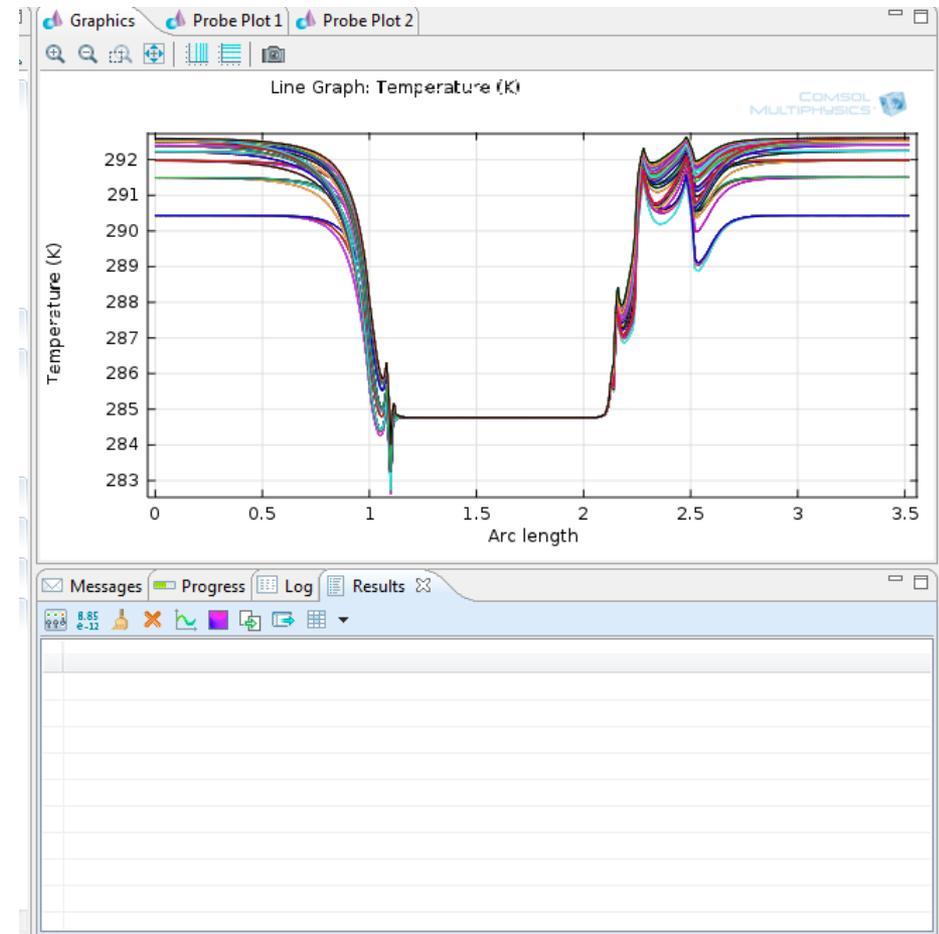
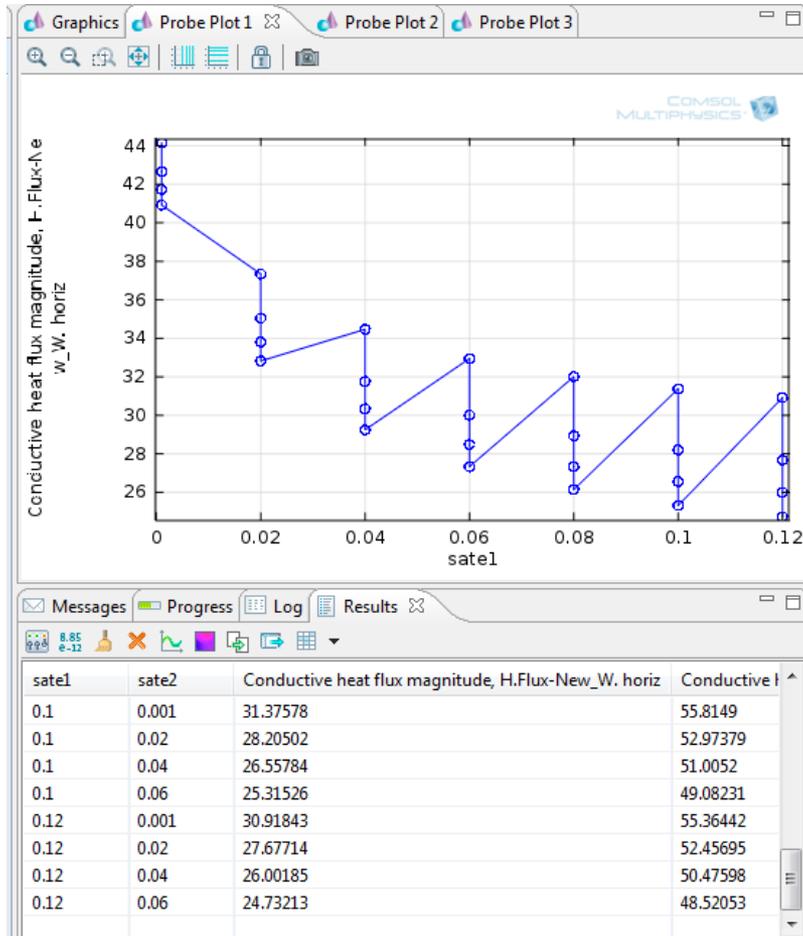
- **Modelos 2D y/o 3D:** Calculo de los PT concretos del proyecto.
Alternativa mínima, identificar en el “DA DB-HE/3 Puentes térmicos” un caso similar.



Área Térmica del Laboratorio de Control de Calidad en la Edificación del Gobierno Vasco.

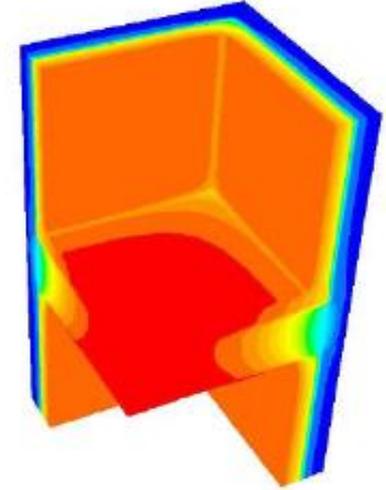
2.3. Impacto de los Puentes Térmicos: Modelos de simulación de PT.

- **Modelos paramétricos:** Especialmente útiles para optimizar cada solución constructiva, en base a las pérdidas térmicas o a la temperatura mínima interior de cada diseño.



2.3. Impacto de los Puentes Térmicos: Riesgos asociados.

- Confort térmico, condensaciones, ventilación insuficiente, etc...
- Las mejores soluciones en fase de Proyecto:
 - Herramientas adecuadas de cálculo y caracterización.
 - Buen diseño y control de la ejecución.

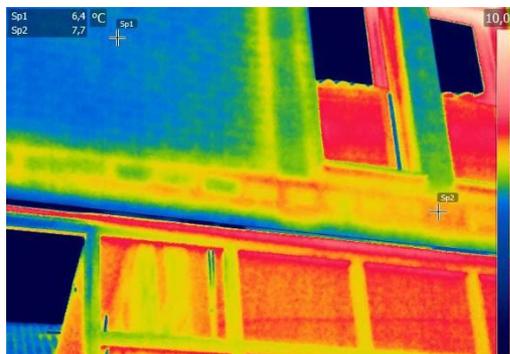
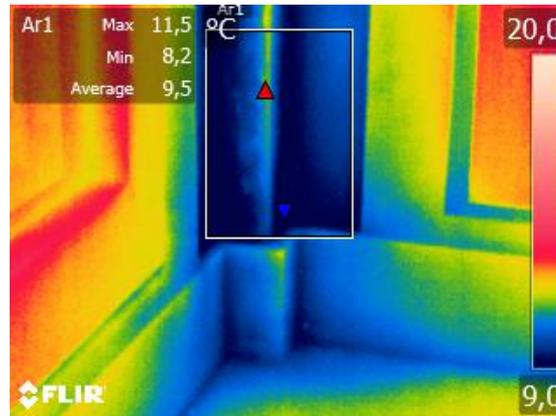


EDIFICIO CONSTRUIDO

NO existen soluciones mágicas

¿Cómo solucionarlo?

**monitorización *in-situ*
+
termografía**



3. Mejoras en la ventilación.



Área de Térmica, del Laboratorio de Control de Calidad en la Edificación del Gobierno Vasco.

- Necesidad de ventilación y normativa.
- Impacto de la ventilación en la demanda energética.
- Tipos de sistemas de ventilación.
- Ensayos de control:
 - Gases trazadores.**
 - Puerta ventilador.**

3.1. Necesidad de ventilación y normativa

- Los edificios necesitan cubrir una exigencia de ventilación mínima para sus ocupantes.
- En los edificios residenciales, se aplica el **Código Técnico de la Edificación (CTE)**: CTE DB-HS3: Calidad de aire interior (versión de 2009, en espera de actualización)

13.3 Exigencia básica HS 3: Calidad del aire interior

- 1 Los edificios dispondrán de medios para que sus *recintos* se puedan ventilar adecuadamente, eliminando los contaminantes que se produzcan de forma habitual durante el uso normal de los edificios, de forma que se aporte un caudal suficiente de aire exterior y se garantice la extracción y expulsión del aire viciado por los contaminantes.
- 2 Para limitar el riesgo de contaminación del aire interior de los edificios y del entorno exterior en fachadas y patios, la evacuación de productos de combustión de las instalaciones térmicas se producirá, con carácter general, por la cubierta del edificio, con independencia del tipo de combustible y del aparato que se utilice, de acuerdo con la reglamentación específica sobre instalaciones térmicas.

- En los edificios terciarios, se aplica el **Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE)**: IT 1.1.4.2. Exigencia de calidad del aire interior (versión consolidada en 2013); habiendo diversos métodos según el tipo de edificio, uso, actividad, etc.

CATEGORÍA CALIDAD DE AIRE	(A)		(B)	(C)	(D)	
	l/s	m ³ /h.persona	dp	ppm CO ₂	l/s.m ²	m ³ /h.m ²
IDA 1 ÓPTIMA	20,0	72,0	0,8	+350	No aplicable	
IDA 2 BUENA	12,5	45,0	1,2	+500	0,83	2,99
IDA 3 MEDIA	8,0	28,8	2,0	+800	0,55	1,98
IDA 4 BAJA	5,0	18,0	3,0	+1.200	0,28	1,01

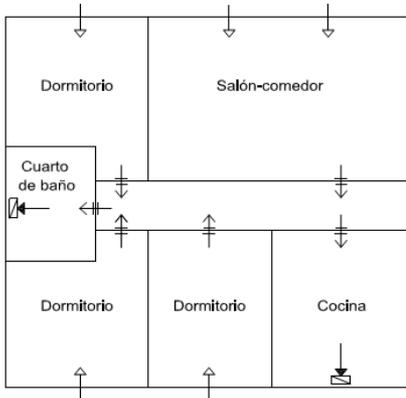
Fuente: Guía de renovación de aire eficiente residencial, FENERCOM.

3.1. Necesidad de ventilación y normativa

- Ejemplo:

Vivienda de 80 m², con tres dormitorios, dos aseos y una cocina de 12 m².

Tabla 2.1 Caudales de ventilación mínimos exigidos		Caudal de ventilación mínimo exigido q _v en l/s		
		Por ocupante	Por m ² útil	En función de otros parámetros
Locales	Dormitorios	5		
	Salas de estar y comedores	3		
	Aseos y cuartos de baño			15 por local
	Cocinas		2	50 por local ⁽¹⁾
	Trasteros y sus zonas comunes		0,7	
	Aparcamientos y garajes			120 por plaza
	Almacenes de residuos		10	



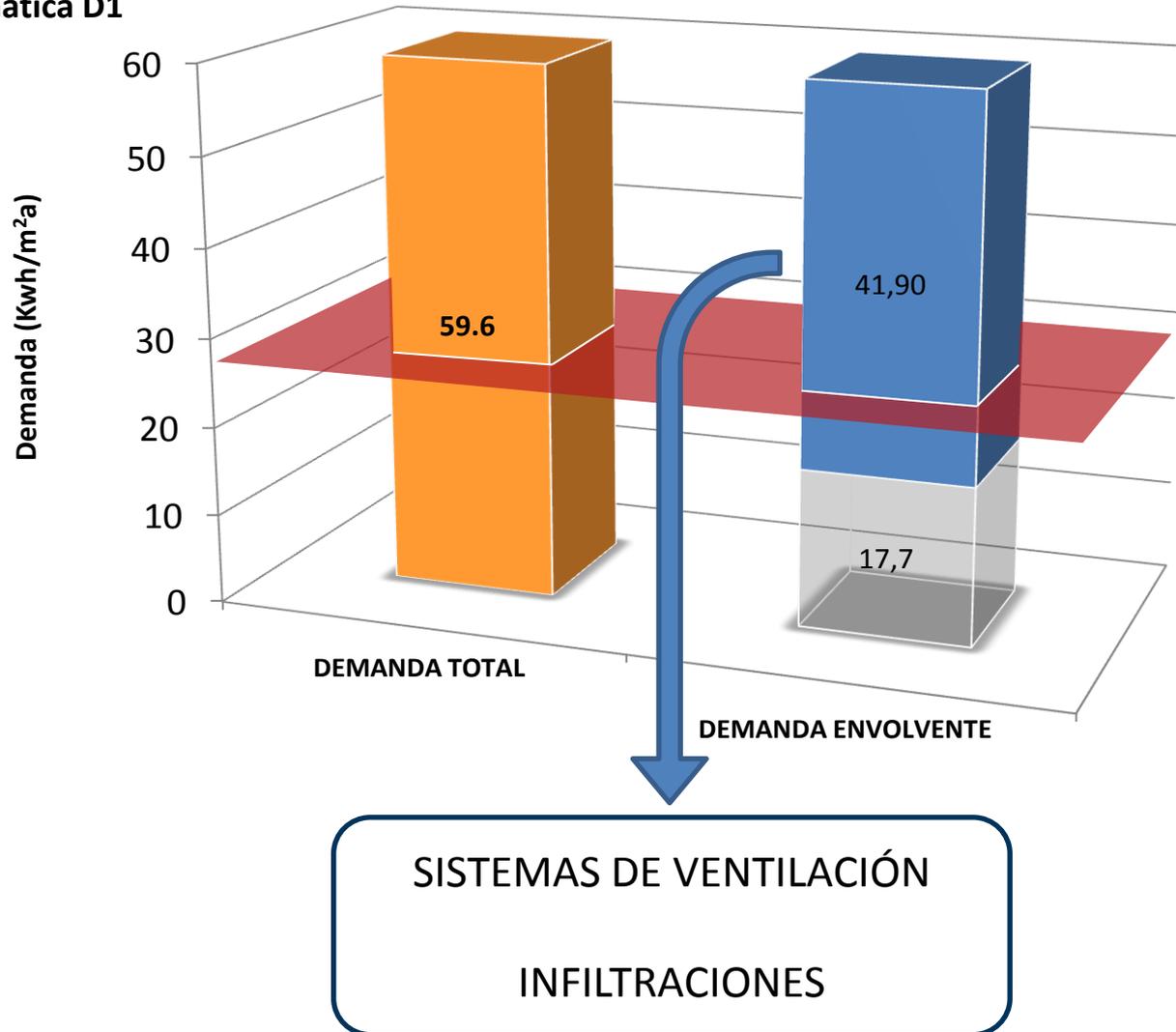
Fuente: Guía de renovación de aire eficiente residencial, FENERCOM

Cálculo ventilación global				
Impulsión mínima				
Dormitorios	Num. Dor. dobles	2	Caudal (l/s)	20,0
	Num. Dor. sencillos	1		5,0
Salas de estar y comedor	Ocupantes totales	5		15,0
TOTAL impulsión mínima				40,0
				144,0
Extracción mínima				
Aseos y cuartos de baño	Num. Baños + Aseos	2	Caudal (l/s)	30,0
Cocinas	Sup. Cocina	12		24,0
TOTAL extracción mínima				54,0
				194,4
Comprobación impulsión-extracción				
Dimensiones de la vivienda	Sup. útil vivienda	80		
	Altura libre	2,55		
	Vol. útil (m ³)	204		
Ventilación mínima exigida				54,0
				194,4
Renovaciones / hora				0,95

- Resultado:** Ventilación necesaria de **0,95 renovaciones por hora.**

3.2. Impacto de la ventilación en la demanda energética.

Ejemplo: Edificio Tipo
Zona climática D1

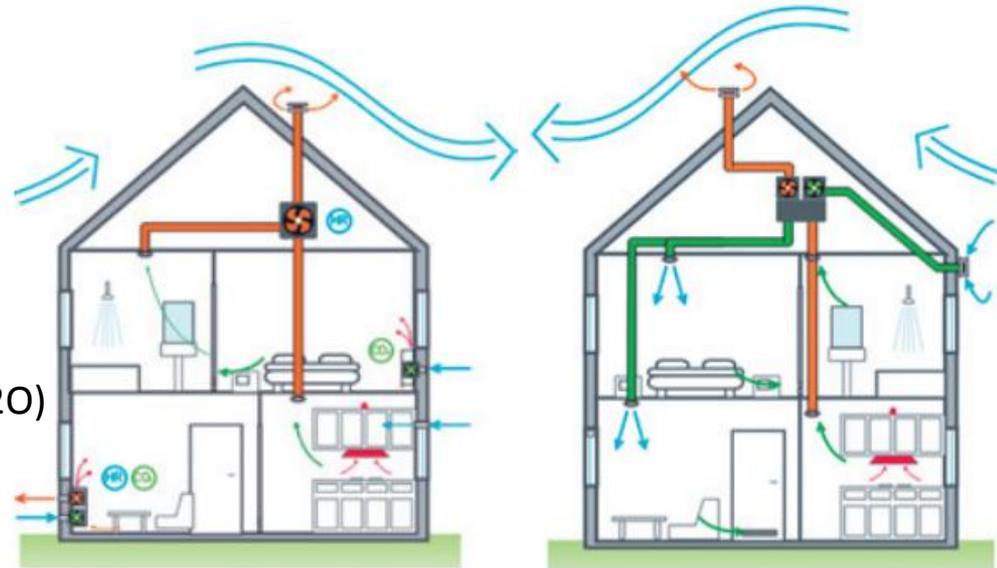
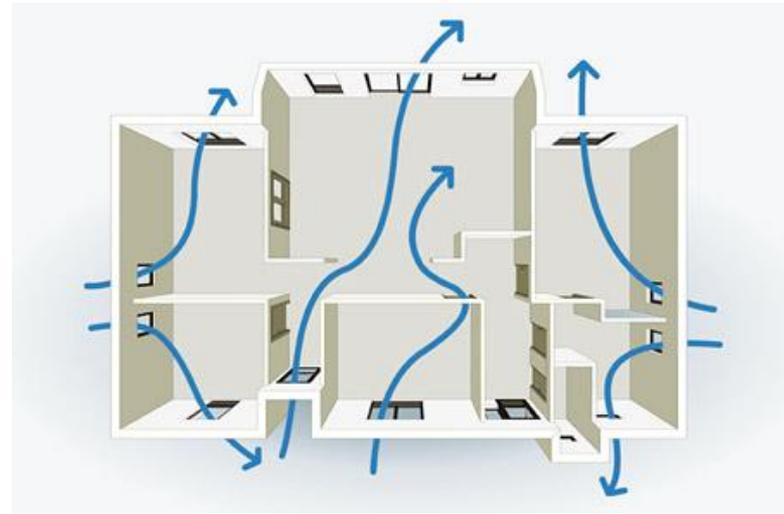


**Nuevo límite
CTE DB-HE2013**

27 kWh/m²a

3.3. Tipos de sistemas de Ventilación

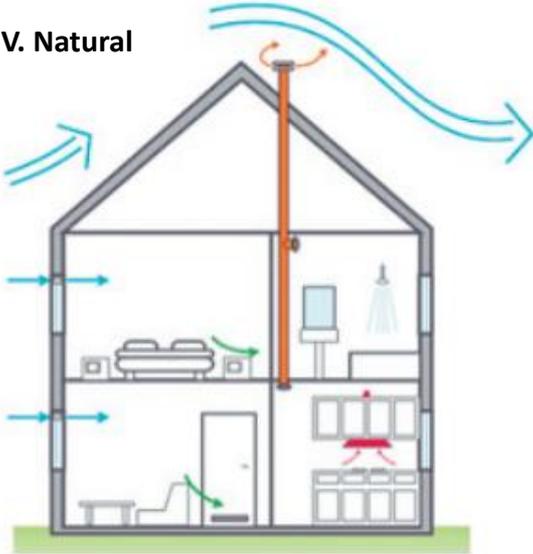
- Ventilación **natural**:
 - Entrada natural y extracción natural
- Ventilación **Mecánica**:
 - Entrada natural y extracción mecánica
 - Entrada mecánica y extracción natural
 - Entrada mecánica y extracción mecánica
 - Sistemas combinados
- Sistemas de **Flujo simple**:
 - Extracción fija (impulsión o extracción)
 - Extracción híbrida
 - Caudal regulado con sensores de IAQ: (CO₂, H₂O, otros...)
- Sistemas de **Flujo Doble**:
 - Posible Recuperador de calor (entálpico, H₂O)
 - Centralizado
 - Por zonas o unidades



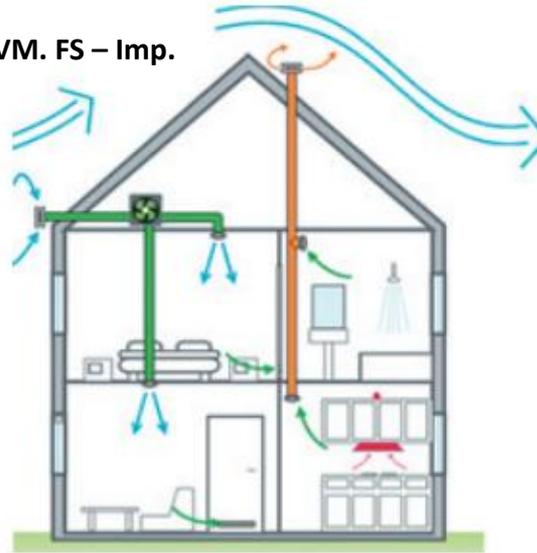
Fuente: Guía de renovación de aire eficiente residencial, FENERCOM

3.3.1. Tipos de sistemas de Ventilación: Casos habituales

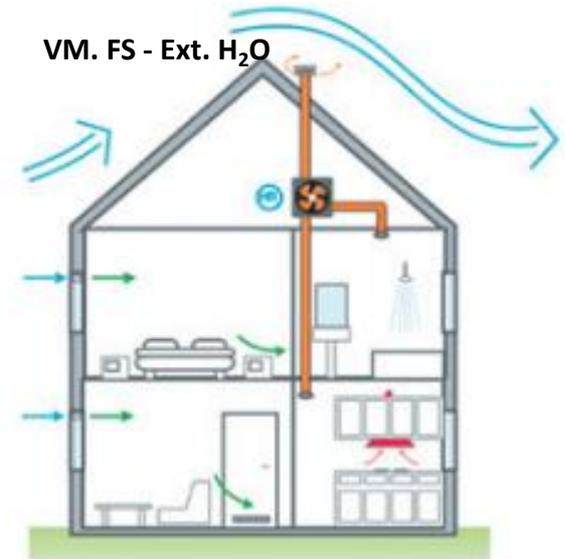
V. Natural



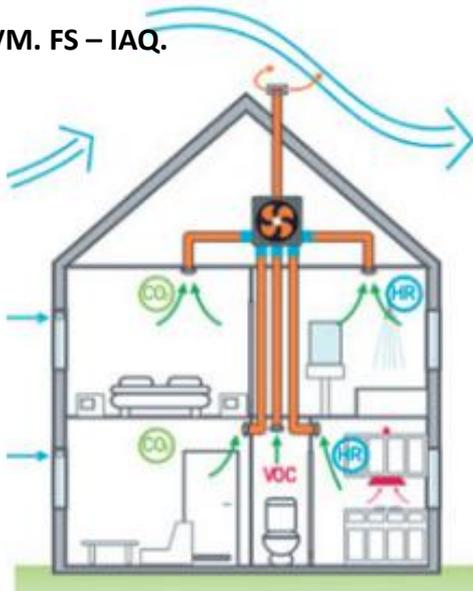
VM. FS – Imp.



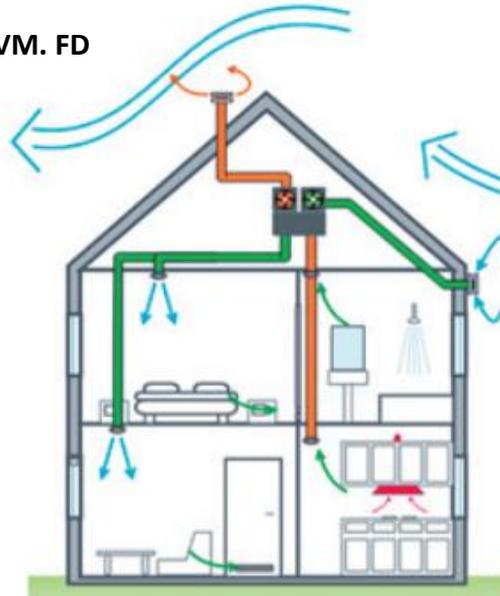
VM. FS - Ext. H₂O



VM. FS – IAQ.



VM. FD



VM. Combinado – IAQ.



Fuente: Guía de renovación de aire eficiente residencial, FENERCOM

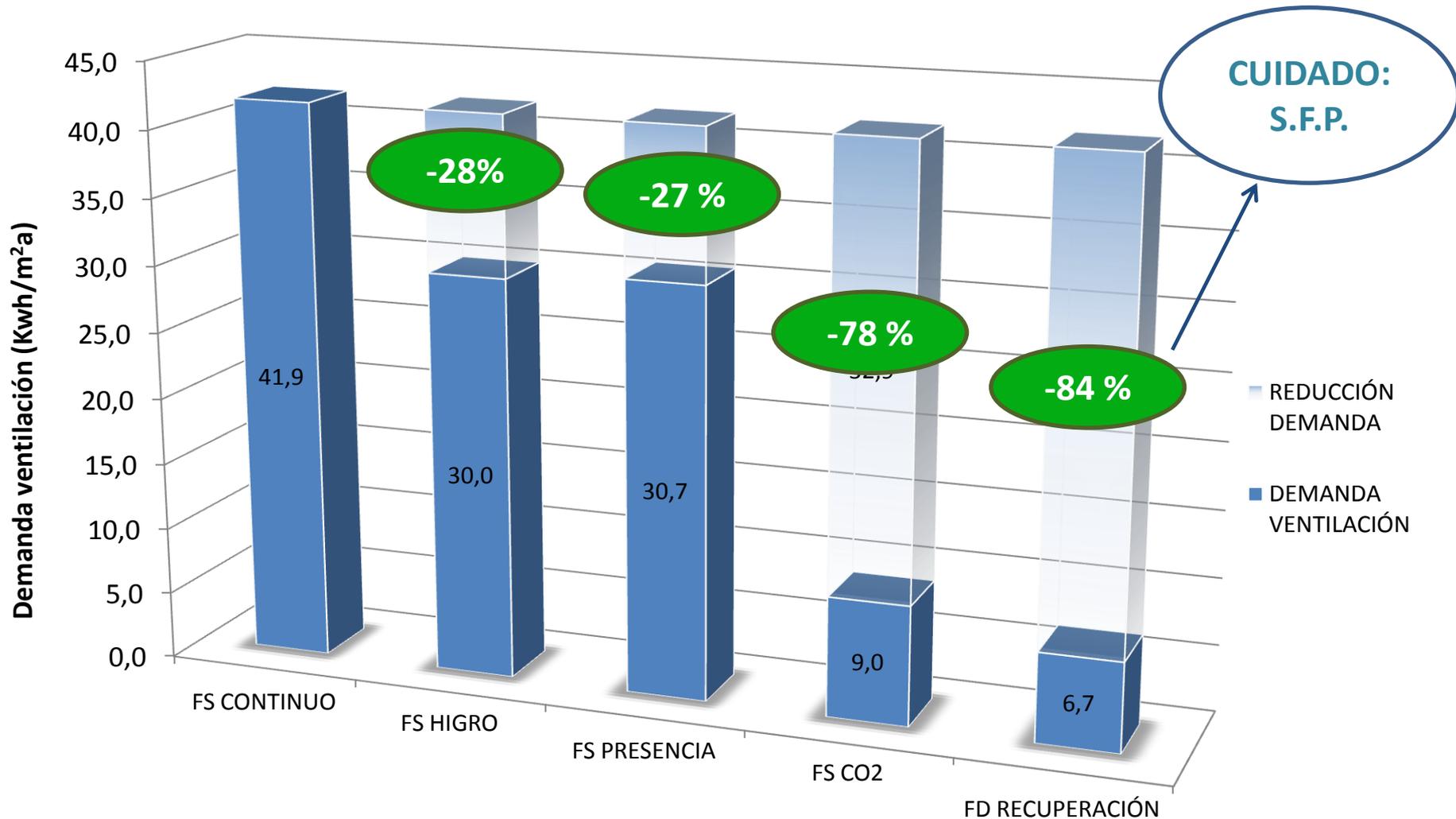
Área Térmica del Laboratorio de Control de Calidad en la Edificación del Gobierno Vasco.

3.3.2. Tipos de sistemas de Ventilación: Regulación

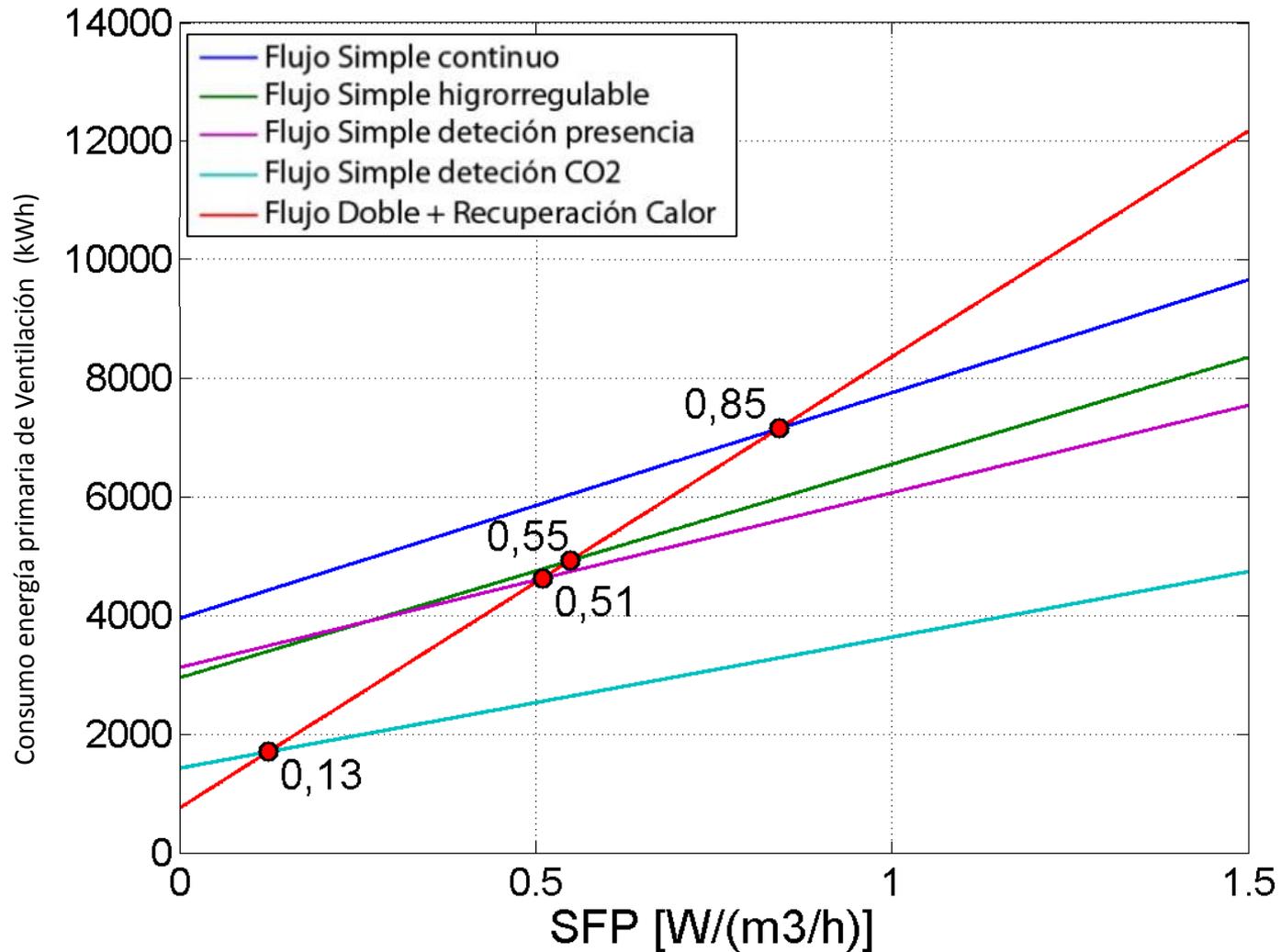
- Sistemas de **Flujo Simple**:
 - Sistema mecánico continuo: Caudal de ventilación constante, el sistema básico del DB HS-3.
 - Sistema híbrido: Garantiza un caudal mínimo, combinando el tiro natural con ventilador de apoyo.
 - Sistema mecánico con aberturas higro-rregulable:
 - Caudal de ventilación regulado por la humedad relativa de la estancia, se considera un indicador eficiente para evitar exceso de humedad en la extracción (locales húmedos).
 - Sistema mecánico con detector de presencia:
 - Caudal de ventilación regulado por el detectores de presencia.
 - Sistema mecánico de detector de CO₂:
 - Caudal de ventilación regulado por el detector de CO₂. Posible coste mayor que los anteriores.
- Sistema de **Flujo Doble**:
 - Generalmente, con caudal de ventilación constante, aunque admite regulación por sensores.
 - Permite incorporar recuperador de calor (los rendimientos estacionales no suelen superar el 85%).
 - Puede haber combinación de sistemas, con aberturas distribuidas.

3.3.2. Tipos de sistemas de Ventilación: Regulación

Ejemplo: Edificio Tipo
Zona climática D1

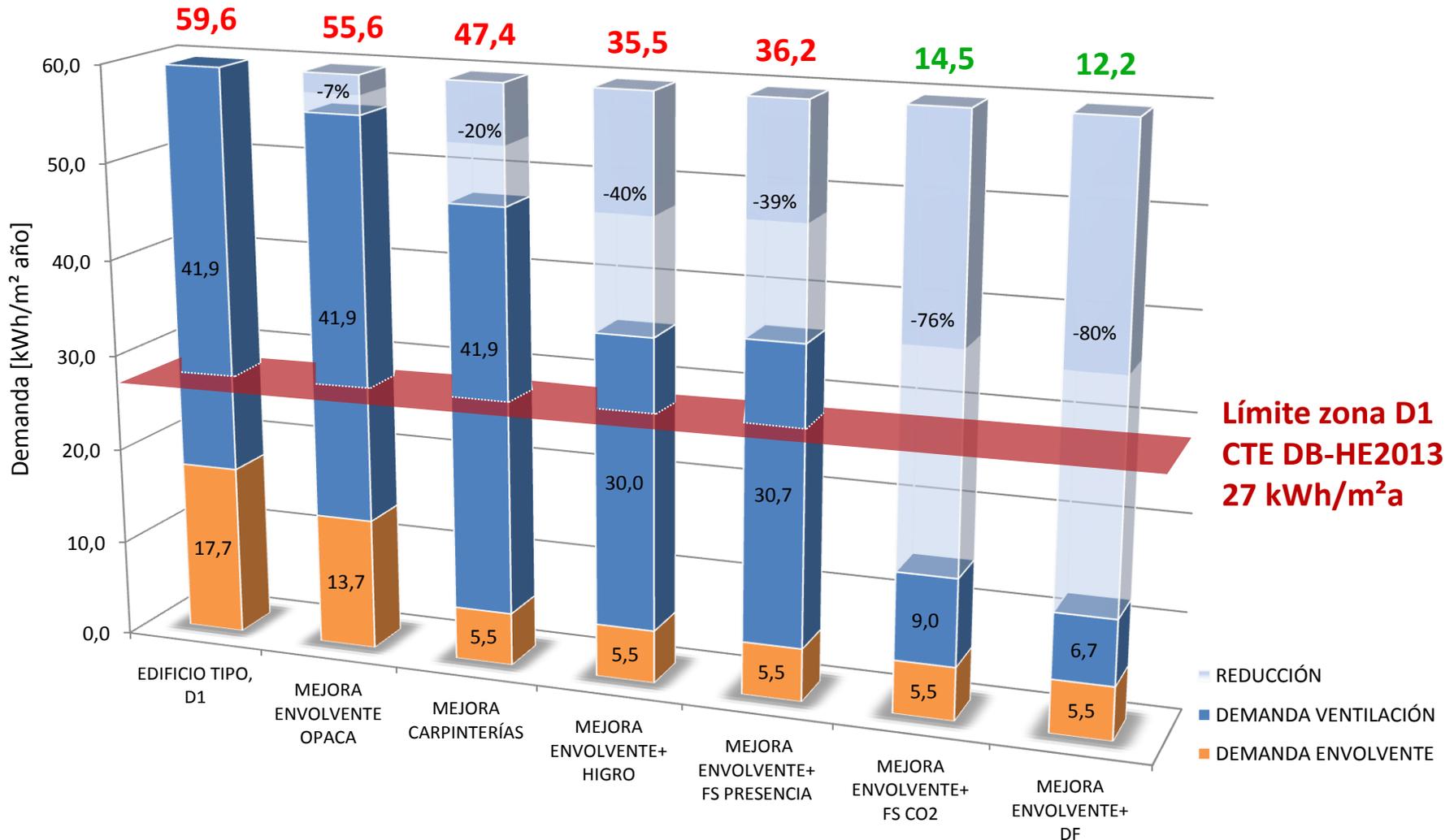


3.3.2. Tipos de sistemas de Ventilación: Regulación



3.3.2. Tipos de sistemas de Ventilación: Regulación

Edificio Tipo, zona climática D1



3.4.1. Ensayos de control de la ventilación: Puerta Ventilador

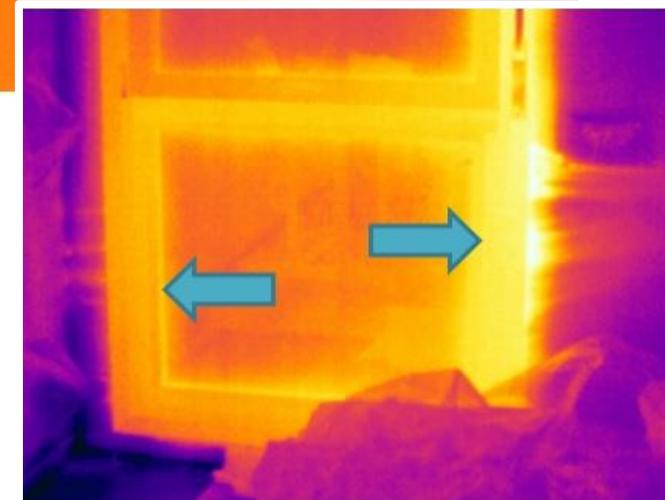
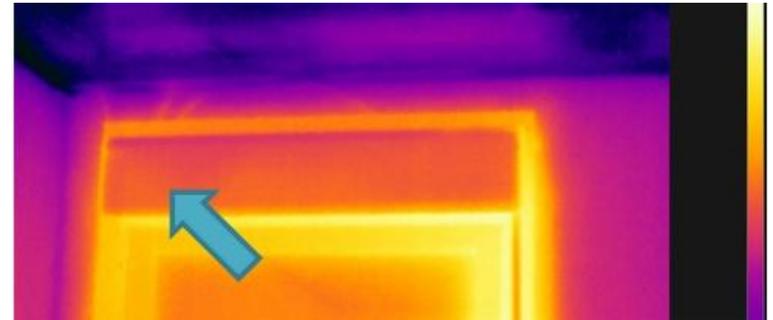
- La demanda aumenta con las infiltraciones, es necesario mejorar la estanqueidad:

SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS + CONTROL DE EJECUCIÓN DE OBRA

ENSAYO DE PUERTA VENTILADOR

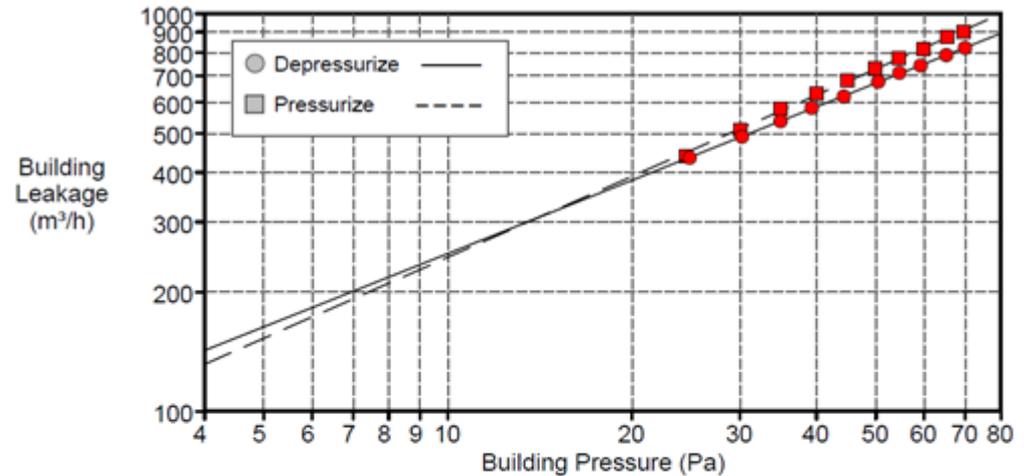
Valores habituales: 2 - 4 renovaciones/hora

Deseable: 1 - 2 renovaciones/hora



3.4.1. Ensayos de control de la ventilación: Puerta Ventilador

- Objetivo doble: **Control de calidad en obra y detección de principales fugas.**
 - Se emplean herramientas complementarias y sellados progresivos.
 - Se consigna el estado actual **3,95** y se ofrece la posibilidad de mejorar el resultado.
 - Inspección de detección de fugas con herramientas complementarias:
 - **Termografía IR.**
 - **Caudalímetro.**



Ensayo	n_{50} [1/h]
Depresurización	3,77
Presurización	4,13
Promedio	3,95

	Depres.	Pres.
C_{env} [$m^3/(h \cdot Pa^n)$]	61,0	52,1
C_L [$m^3/(h \cdot Pa^n)$]	60,7	51,8
n [-]	0,613	0,677

* La incertidumbre de las medidas se encuentra dentro del rango fijado por la norma UNE EN ISO 13829:2002.

3.4.1. Ensayos de control de la ventilación: Puerta Ventilador

- Inspección de detección de fugas, **herramientas complementarias:**
 - Termografía IR.
 - Caudalímetro
- **FUGAS detectadas:**
 - Caja eléctrica.
 - Enchufes, interruptores,...
 - Perímetro de ventanas.
- **Sellados progresivos:**
 - 1º Cuadros eléctricos (caja ICP).
 - 2º Tomas eléctricas y ventanas.
 - 3º Campana extractora.

En el cuadro eléctrico general se registraron velocidades en corrientes de aire por infiltración de 2 a 5 m/s



3.4.1. Ensayos de control de la ventilación: Puerta Ventilador

- **Sellados progresivos:**

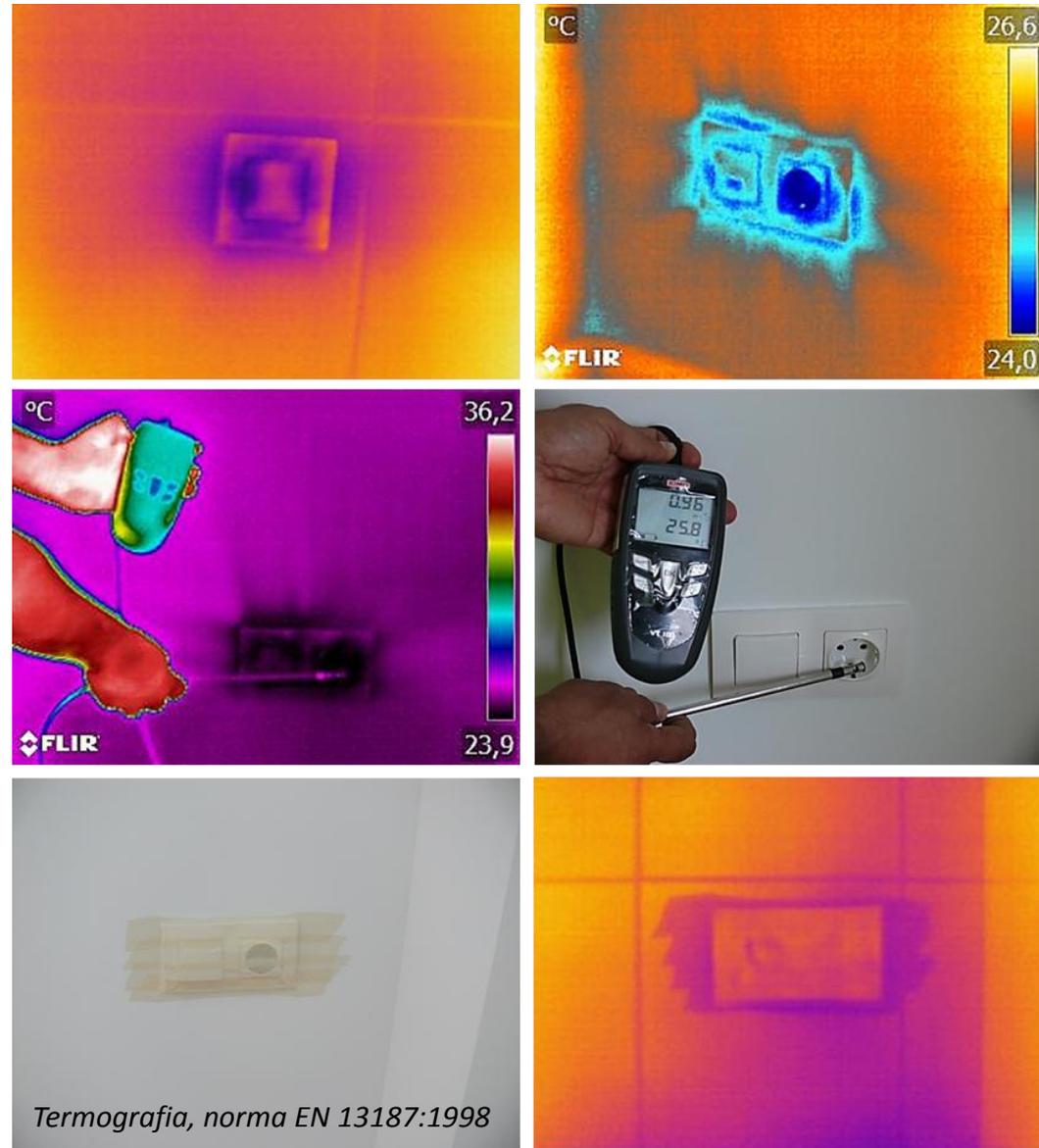
- 1º Cuadros eléctricos (caja ICP).
- 2º Tomas eléctricas y ventanas.
- 3º Campana extractora.

Detección de infiltraciones en interruptores y enchufes mediante termografía activa y anemómetro, con velocidades de 0,4 a 1 m/s.

Se comprobaron los sellados tras su ejecución.

Tabla II.1. Resultados de cada sellado progresivo.

Renovaciones a 50 Pa – n ₅₀ [1/h]	
Informe	3.95
1 ^{er} Sellado	3.62
2º Sellado	2.83
3º Sellado	2.70



3.4.1. Ensayos de control de la ventilación: Puerta Ventilador

- **Sellados progresivos:**

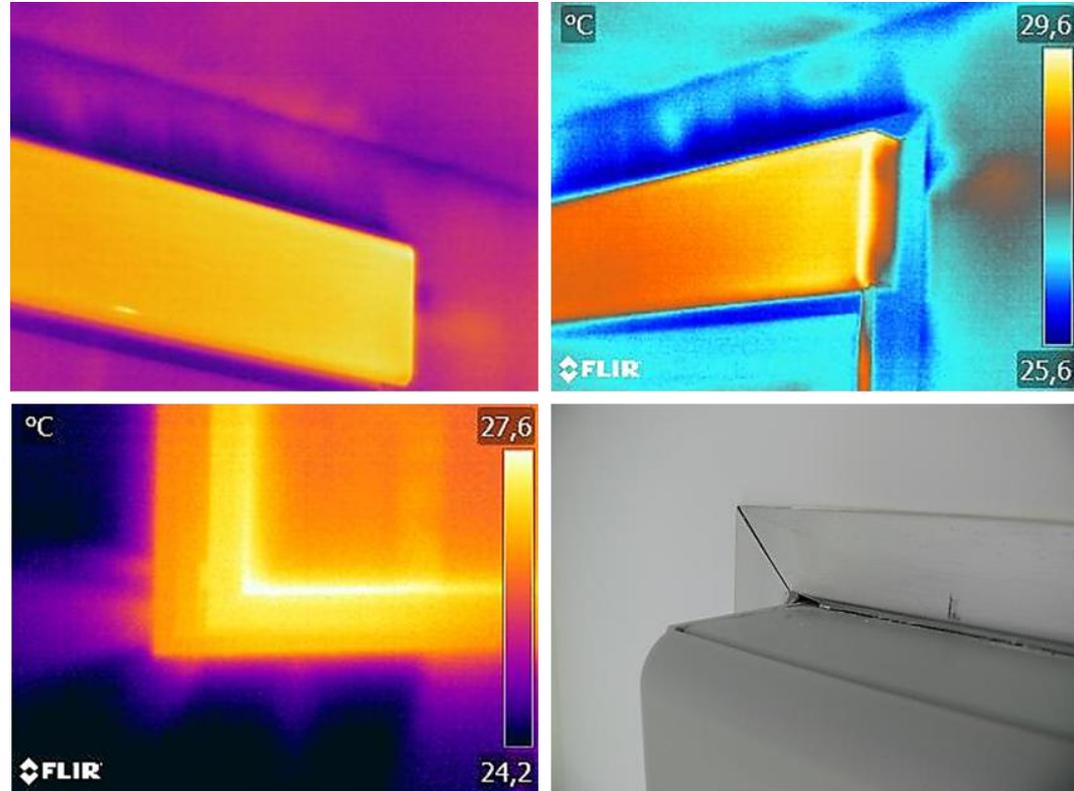
- 1º Cuadros eléctricos (caja ICP).
- 2º Tomas eléctricas y ventanas.
- 3º Campana extractora.

La termografía revelaba infiltraciones en los laterales de las ventanas. Las imágenes muestran algunas zonas de agrietado en el remate perimetral de los marcos en ventanas y/o de cajas de persiana.

Sellado perimetral de todas las ventanas y de algunos cajones de persiana.

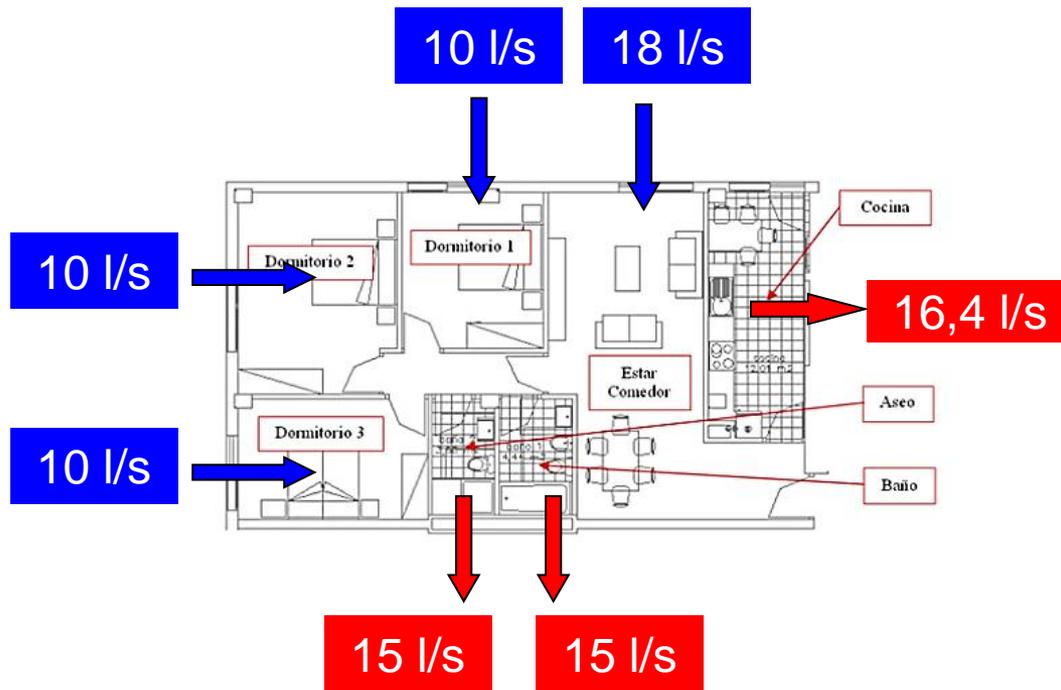
Tabla II.1. Resultados de cada sellado progresivo.

Renovaciones a 50 Pa – n ₅₀ [1/h]	
Informe	3.95
1 ^{er} Sellado	3.62
2º Sellado	2.83
3º Sellado	2.70



3.4.2. Ensayos de control de la ventilación: Gases trazadores

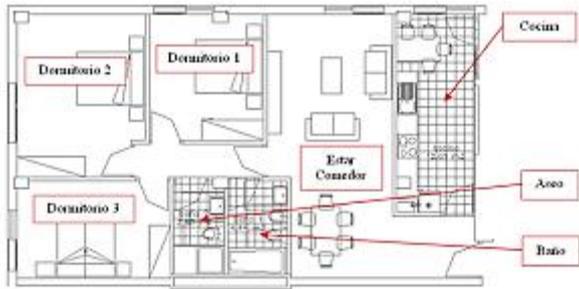
- UNE-EN ISO 12569:2002. Aislamiento térmico de los edificios. Determinación del cambio de aire en edificios. Método de dilución de gas trazador.



Medidas Complementarias



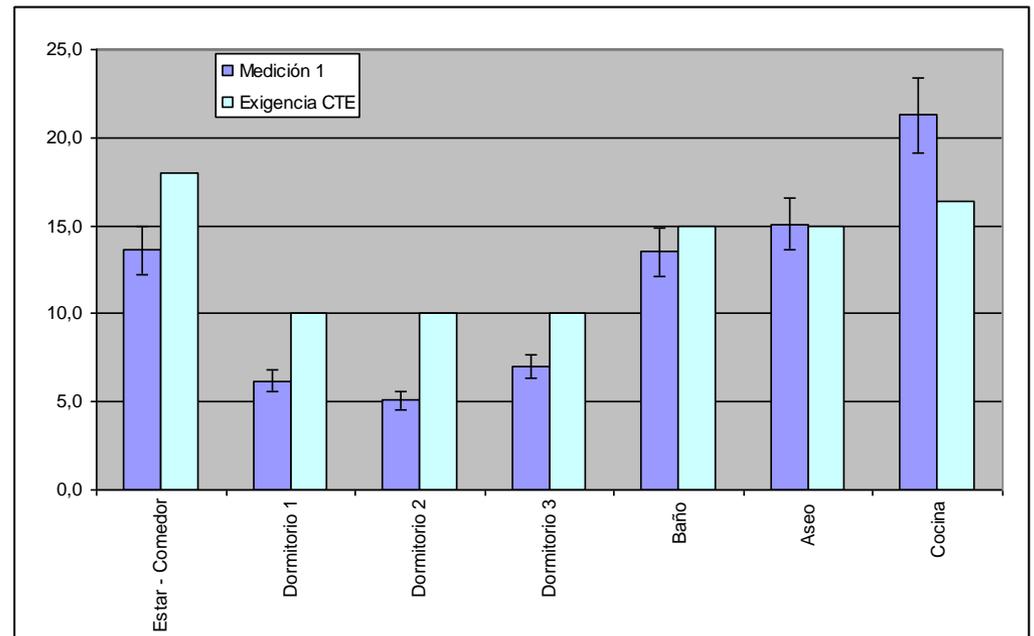
3.4.2. Ensayos de control de la ventilación: Gases trazadores



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



3.4.2. Ensayos de control de la ventilación: Gases trazadores

Correcciones realizadas:

- ➔ 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

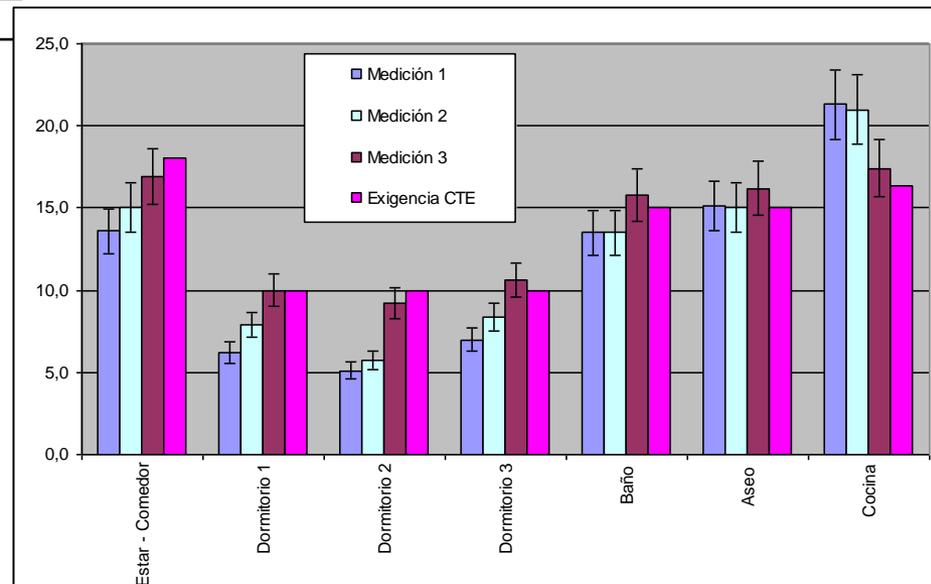
Local	Exigencia (l/s)	Medición 1 (l/s)	Medición 2 (l/s)	Medición 3 (l/s)
Estar - Comedor	18	13,6	15,0	16,9
Dormitorio 1	10	6,2	7,9	10,0
Dormitorio 2	10	5,1	5,7	9,2
Dormitorio 3	10	7,0	8,4	10,6
Baño	15	13,5	13,5	15,8
Aseo	15	15,1	15,0	16,2
Cocina	16,4	21,3	21,0	17,4

Sale Entra

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

Conclusiones:

- ➔ 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.



Area Termica del Laboratorio de Control de Calidad en la Edificación del Gobierno Vasco.

4. Mejoras en los sistemas activos

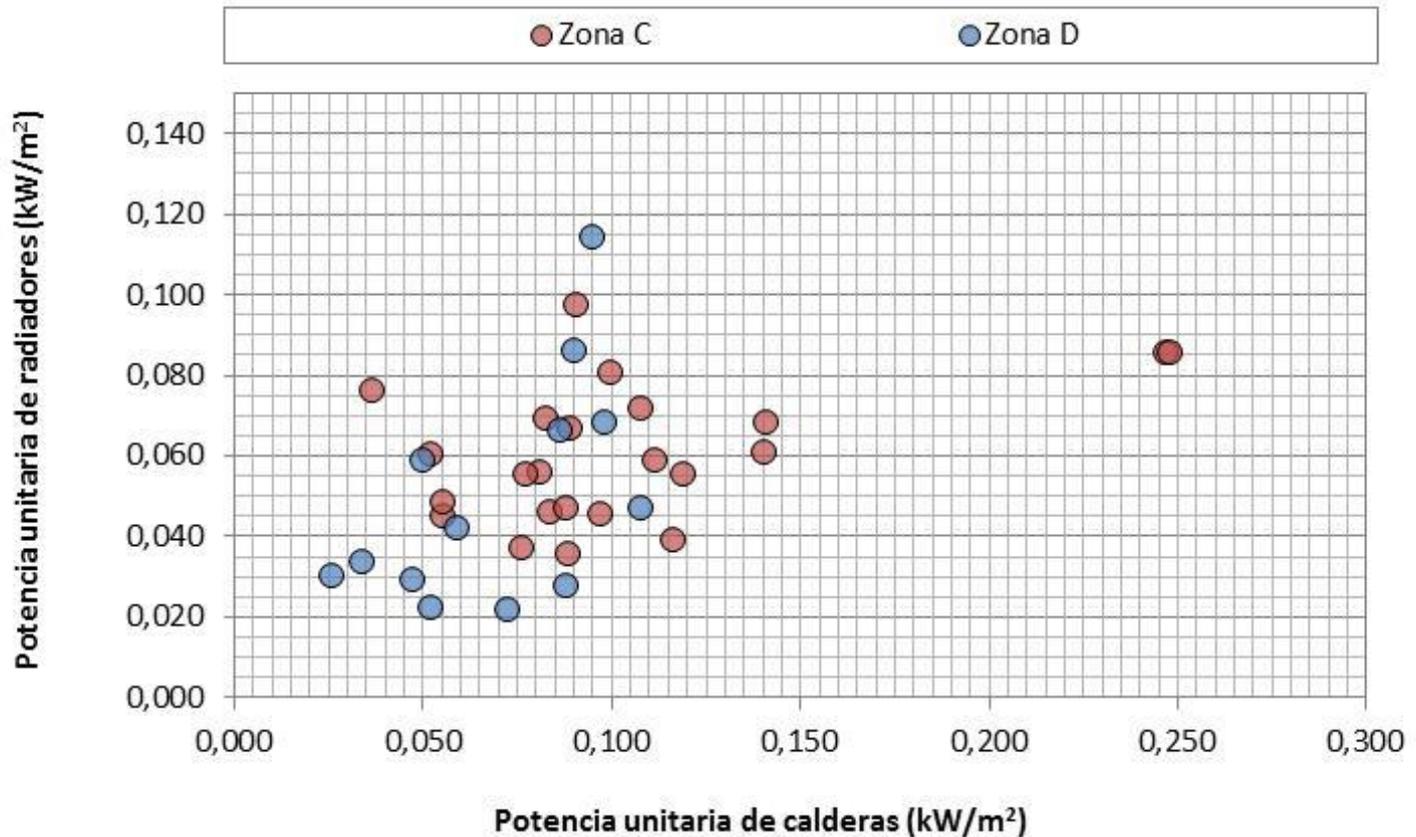


Área de Térmica, del Laboratorio de Control de Calidad en la Edificación del Gobierno Vasco.

- Sistemas tradicionales:
Calderas estándar, baja temperatura, condensación.
Solar térmica
- Sistemas alternativos:
Bomba de calor, Biomasa y Cogeneración.
- Fachadas activas y potencial futuro.
Ensayos de control
- Integración y optimización de sistemas
Simulaciones de operación y redimensionado

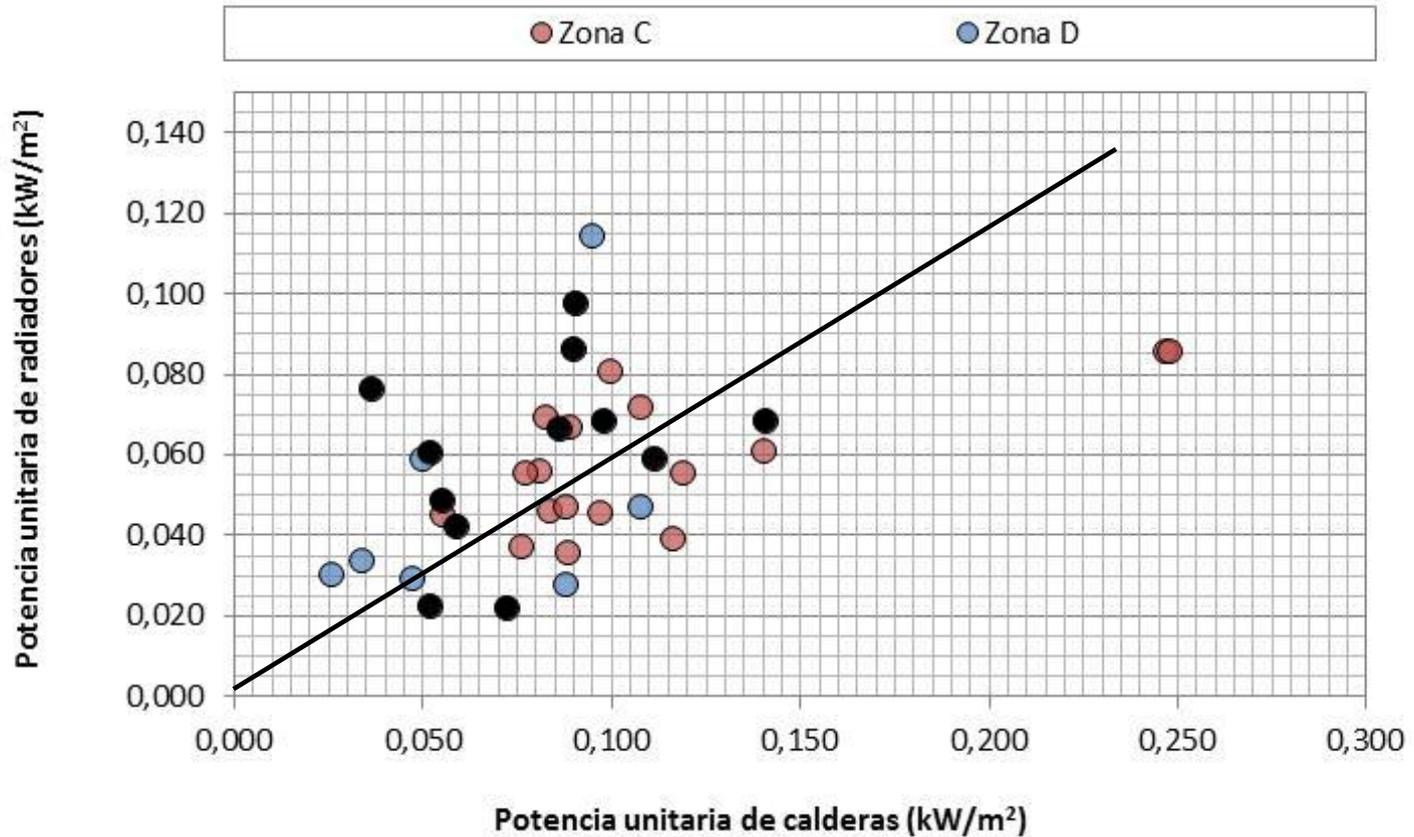
4.1. Sistemas tradicionales: Calderas

- Diversidad de soluciones: ¿se siguen criterios adecuados?
 - Potencia instalada



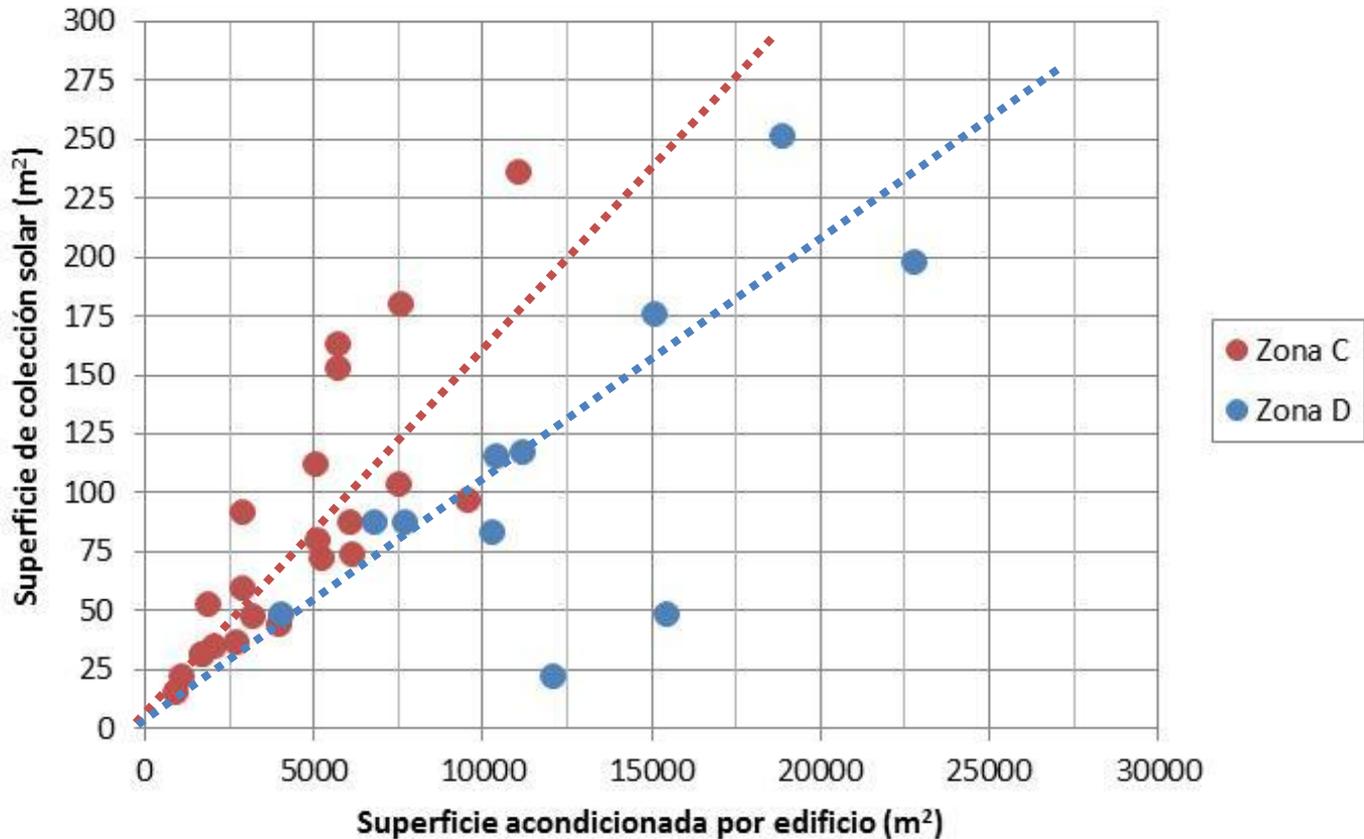
4.1. Sistemas tradicionales: Calderas

- Diversidad de soluciones: ¿se siguen criterios adecuados?
 - Calderas de condensación



4.1. Sistemas tradicionales: Solar térmica

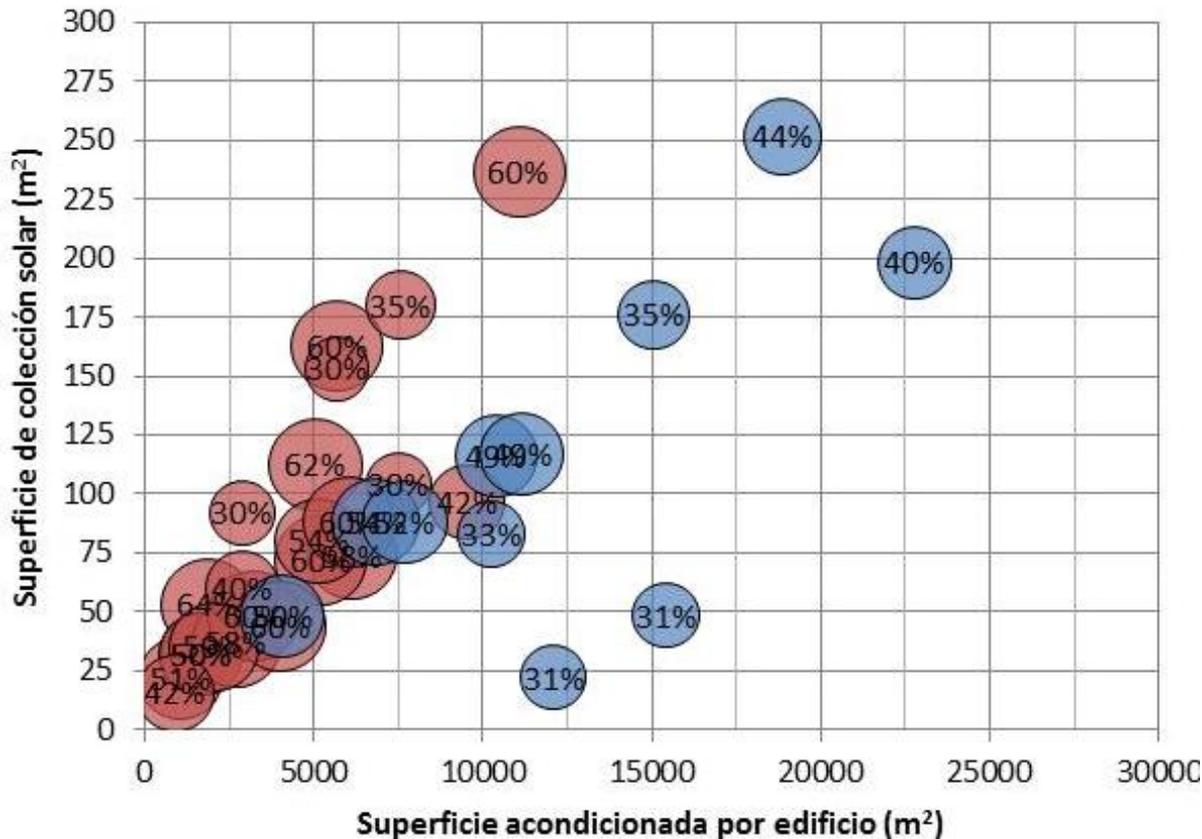
- Diversidad de soluciones: ¿se siguen criterios adecuados?
 - Relación de superficie de colector solar térmico / superficie calefactada



4.1. Sistemas tradicionales: Solar térmica

- Diversidad de soluciones: ¿se siguen criterios adecuados?
 - Porcentaje de cobertura solar declarada
 - Solución: Utilización de un programa de cálculo más completo y estándar:

CHEQ4



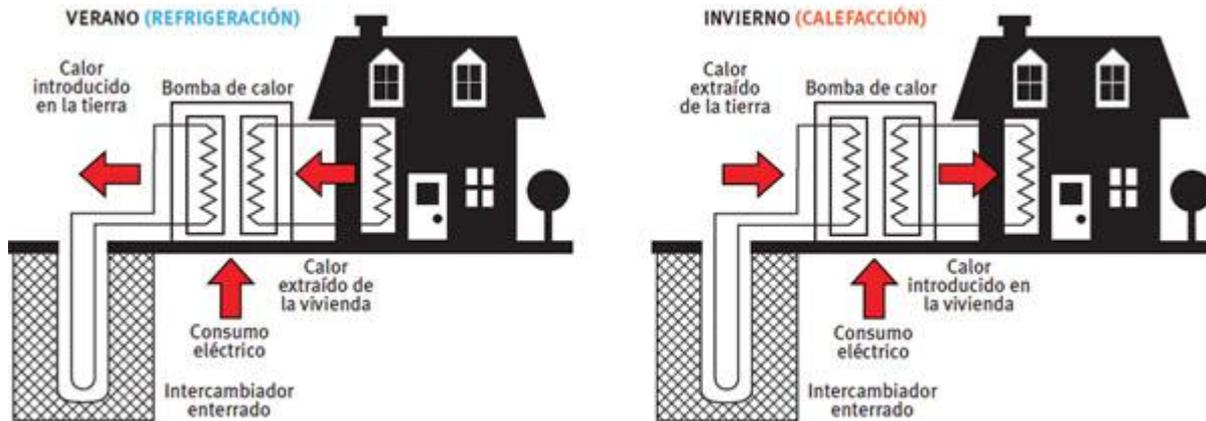
4.2. Sistemas alternativos:

Aspectos más influyentes en la EE del edificio, según la tecnología empleada:

- Bomba de calor
 - Geotermia
 - Aerotermia
 - Cuando se consideran como Energías renovables.
 - Potencial de aplicación con suelo radiante (Baja Temperatura).
 - Hidrotermia
- Biomasa
 - Condiciones de uso y rendimientos más habituales.
- Cogeneración
 - Marco legal
 - Condiciones de uso limitadas

4.2.1. Sistemas alternativos: Bombas de calor

- Bomba de Calor como Energía renovable: Geotermia, Aerotermia, Hidrotermia,...
- En la **Directiva 2009/28/CE** se reconoce como **energía renovable, en determinadas condiciones**:
 - Aquellas en las que la producción final de energía supere de forma significativa el insumo de energía primaria necesaria para impulsar la bomba de calor.
- La Decisión de la Comisión de 1 de marzo de 2013, establece que su **SPF sea superior a 2,5**.
- Se considera que la justificación documental que aporte el cálculo del SPF debe ser avalada mediante la declaración de conformidad CE realizada por el fabricante, y su etiquetado energético, según regula el R.I.T.E.4 y el resto de la normativa vigente



Fuente: Diseño de sistemas de boba de calor geotérmica. IDAE

4.2.1. Sistemas alternativos: Bombas de calor

- Prestaciones medias según el IDAE, a partir del 15% de los casos más desfavorables:

$$SPF = COP_{\text{nominal}} \cdot FP \cdot FC$$

Fuente Energética de la bomba de calor	Factor de Ponderación (FP)				
	A	B	C	D	E
Energía Aerotérmica. Equipos centralizados	0,87	0,80	0,80	0,75	0,75
Energía Aerotérmica. Equipos individuales tipo split	0,66	0,68	0,68	0,64	0,64
Energía Hidrotérmica.	0,99	0,96	0,92	0,86	0,80
Energía Geotérmica de circuito cerrado. Intercambiadores horizontales	1,05	1,01	0,97	0,90	0,85
Energía Geotérmica de circuito cerrado. Intercambiadores verticales	1,24	1,23	1,18	1,11	1,03
Energía Geotérmica de circuito abierto	1,31	1,30	1,23	1,17	1,09

- FP (Factores de ponderación).

- FC (Factores de corrección).

- En BC para producción de ACS, debe considerarse una T de 60 °C .

Tª de condensación (°C)	Factor de Corrección (FC)					
	FC (COP a 35°C)	FC (COP a 40°C)	FC (COP a 45°C)	FC (COP a 50°C)	FC (COP a 55°C)	FC (COP a 60°C)
35	1,00	--	--	--	--	--
40	0,87	1,00	--	--	--	--
45	0,77	0,89	1,00	--	--	--
50	0,68	0,78	0,88	1,00	--	--
55	0,61	0,70	0,79	0,90	1,00	--
60	0,55	0,63	0,71	0,81	0,90	1,00

4.2.1. Sistemas alternativos: Bombas de calor

- COP mínimos para consideración de BC como energía renovable:

<i>Fuente Energética de la bomba de calor</i>	COP mínimo para calefacción a 45°C				
	A	B	C	D	E
Energía Aerotérmica Equipos centralizados	3,74	4,04	4,04	4,34	4,34
Energía Aerotérmica Equipos individuales tipo split	4,92	4,76	4,76	5,09	5,09
Energía Hidrotérmica	3,28	3,39	3,51	3,78	4,04
Energía Geotérmica de circuito cerrado. Intercambiadores horizontales	3,11	3,21	3,35	3,60	3,83
Energía Geotérmica de circuito cerrado. Intercambiadores verticales	2,61	2,64	2,76	2,92	3,14
Energía Geotérmica de circuito abierto	2,48	2,50	2,64	2,78	2,98

Información adicional:

- *Prestaciones medias estacionales de las bombas de calor para producción de calor en edificios. IDAE, 2014.*
- *Guía Técnica: diseño de sistemas de bomba de calor geotérmica. IDAE, 2012.*

4.2.1. Sistemas alternativos: Bombas de calor

- COP mínimos para consideración de BC como energía renovable:

	COP mínimo para calefacción y/o ACS a 60°C				
<i>Fuente Energética de la bomba de calor</i>	A	B	C	D	E
Energía Aerotérmica Equipos centralizados	5,23	5,66	5,66	6,08	6,08
Energía Aerotérmica Equipos individuales tipo split	6,89	6,66	6,66	7,12	7,12
Energía Hidrotérmica	4,59	4,75	4,92	5,30	5,66
Energía Geotérmica de circuito cerrado. Intercambiadores horizontales	4,35	4,49	4,70	5,04	5,37
Energía Geotérmica de circuito cerrado. Intercambiadores verticales	3,66	3,69	3,86	4,09	4,40
Energía Geotérmica de circuito abierto	3,47	3,50	3,69	3,90	4,17

Información adicional:

- *Prestaciones medias estacionales de las bombas de calor para producción de calor en edificios. IDAE, 2014.*
- *Guía Técnica: diseño de sistemas de bomba de calor geotérmica. IDAE, 2012.*

4.2.1. Sistemas alternativos: Bombas de calor

- Ejemplos IDAE:

EJEMPLO 2: Bomba de calor aerotérmica tipo split para una oficina en Alicante

Disponemos de una bomba de calor aerotérmica tipo Split para calefacción en una oficina en Alicante.

La bomba de calor tiene un COP nominal para calefacción a 35º C de 4,00.

Para determinar el SPF de la bomba de calor precisamos conocer el factor de ponderación (FP) y factor de corrección (FC) correspondientes.

El FP se obtendrá de la tabla 4.1 conforme a la zona climática del emplazamiento de la oficina y al tipo de bomba de calor empleado.

Alicante es zona de severidad climática en invierno B y el tipo de bomba de calor es aerotérmica tipo split, por lo que el factor de ponderación que le corresponde es de 0,68.

La temperatura elegida de distribución a las unidades interiores es de 40ºC por lo que según la tabla 4.2 de factores de corrección le corresponde el valor de 0,87.

Aplicando la fórmula para la determinación del rendimiento estacional tenemos que:

$$\text{SPF} = \text{COP}_{\text{nominal}} \times \text{FP} \times \text{FC} = 4,00 \times 0,68 \times 0,87 = 2,37$$

En este caso el SPF de la bomba de calor es inferior a 2,50 y por tanto no podría considerarse como renovable.

4.2.1. Sistemas alternativos: Bombas de calor

- Ejemplos IDAE:

EJEMPLO 3: Bomba de calor hidrotérmica para una residencia en La Coruña

Disponemos de una bomba de calor hidrotérmica para calefacción por suelo radiante en una residencia en La Coruña.

La bomba de calor tiene un COP nominal para calefacción a 35º C de 4,00.

Para determinar el SPF de la bomba de calor precisamos conocer el factor de ponderación (FP) y factor de corrección (FC) correspondientes.

El FP se obtendrá de la tabla 4.1 conforme a la zona climática del emplazamiento de la residencia y al tipo de bomba de calor empleado.

La Coruña es zona de severidad climática en invierno C y el tipo de bomba de calor es hidrotérmica, por lo que el factor de ponderación que le corresponde es de 0,92.

La temperatura elegida de distribución al suelo radiante es de 45 ºC por lo que según la tabla 4.2 de factores de corrección le corresponde el valor de 0,77.

Aplicando la fórmula para la determinación del rendimiento estacional tenemos que:

$$\text{SPF} = \text{COP}_{\text{nominal}} \times \text{FP} \times \text{FC} = 4,00 \times 0,92 \times 0,77 = 2,83$$

En este caso el SPF de la bomba de calor es superior a 2,5 y por tanto podría considerarse como renovable.

4.2.2. Sistemas alternativos: Biomasa

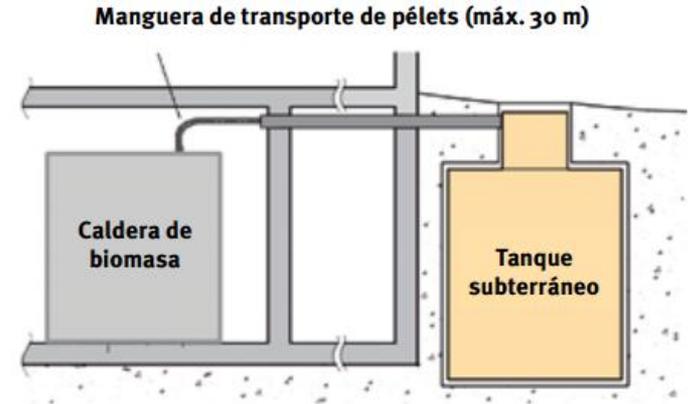
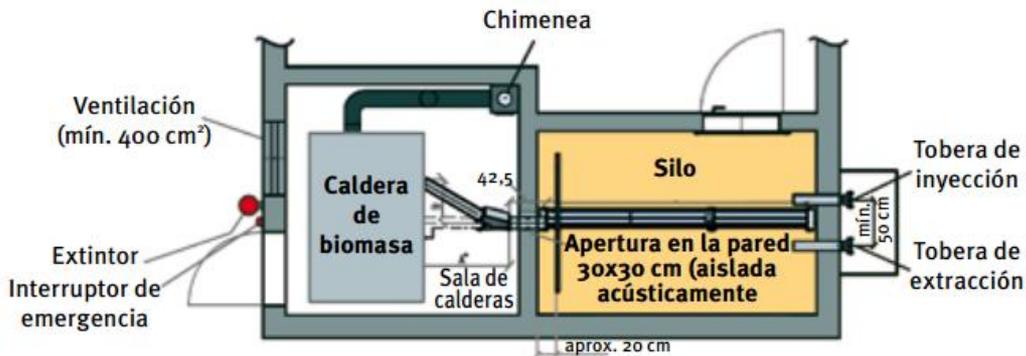
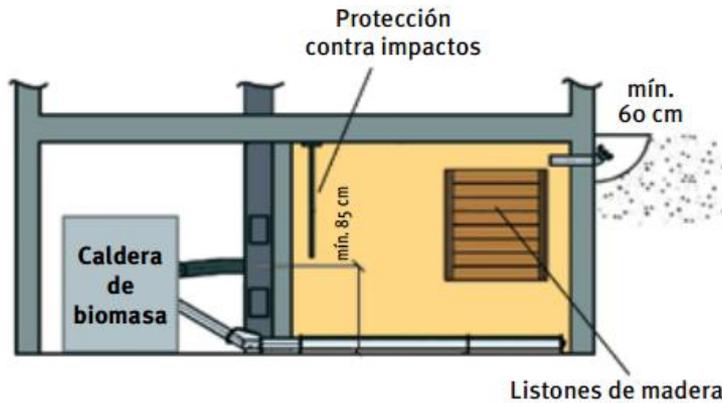
- Son calderas que utilizan biocombustibles, basado en materiales orgánicos de diversos tipos:
 - Astillas de madera, pellets y policombustibles (cáscaras, huesos, residuos de poda, etc).
- Características generales:
 - Rendimientos habituales del 90%.
 - Regulación automática de la alimentación.
 - Sonda lambda para aire y combustible.
 - Extracción forzada y controlada de humos.
 - Limpieza y extracción de cenizas automática.
 - Separador de cenizas volátiles.
 - Sistema de refrigeración para evitar cenizas.
- Modelos de alto rendimiento:
 - Condensación (rendimientos >100%)
 - De Baja o Muy Baja Temperatura (rto. 95%)
- Rendimientos similares a calderas convencionales de Gas Natural.



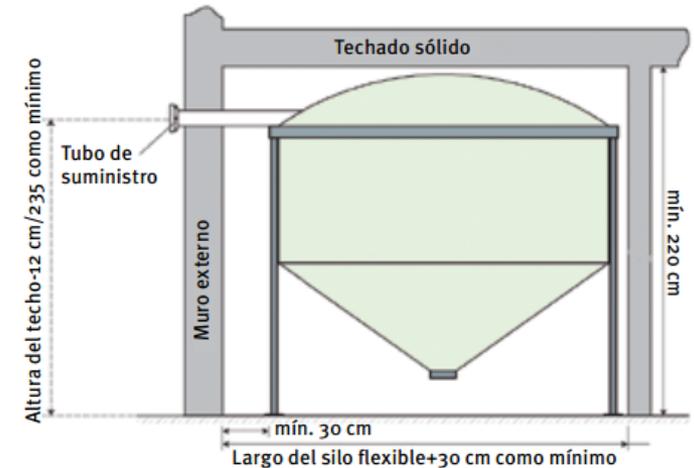
Fuente: Hargassner.

4.2.2. Sistemas alternativos: Biomasa

- Tipos de almacenamiento:
 - Incorporado en calderas individuales.
 - Silo subterráneo.
 - En superficie (flexible o rígido).
 - En altura.



Plano transversal de instalación del silo flexible



Fuente: IDAE, 2009.

4.2.2. Sistemas alternativos: Biomasa

– Tipos de abastecimiento:

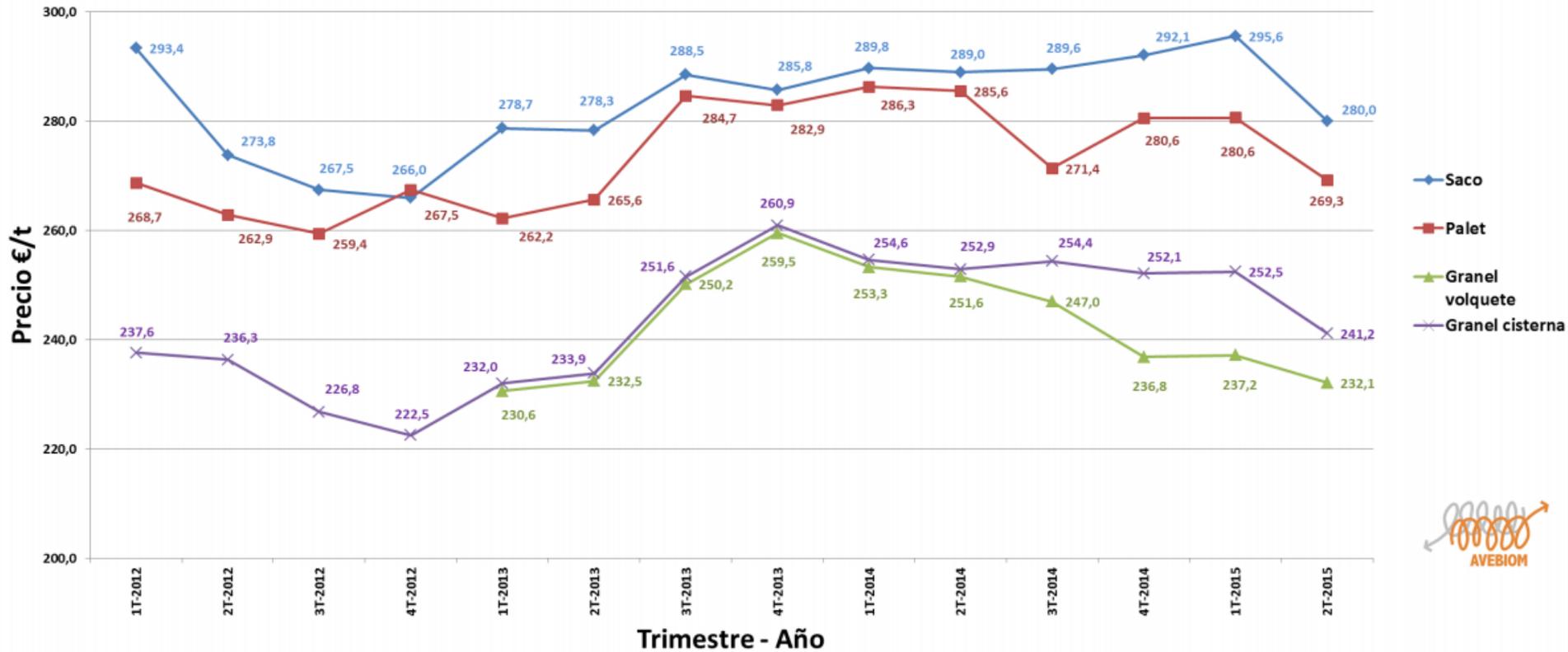
- Sistema semiautomático: tolvas o depósitos pequeños de recarga manual con sacos.
- Sistema de descarga directa: Por gravedad desde camiones de reparto, por trampillas o bocas.
- Sistemas de elevación: neumático o con tornillo sinfín de carga.



Fuente: Hargassner, palenciadigital.com

4.2.2. Sistemas alternativos: Biomasa

**Histórico evolución precio medio pellet doméstico en distintos formatos
1T 2012 - 2T 2015**



Fuente: AVEBIOM.

4.2.2. Sistemas alternativos: Biomasa

- Comparativa de precios de venta
 - Gasoil de calefacción: 1,10 €/ litro
 - Pellet a granel certificado al 10% humedad máxima portes incluidos: 230€/tonelada+ IVA
 - Hueso de aceituna: 170€/ tonelada + IVA
 - Astilla clasificada G30 y con humedad en torno al 25% portes incluidos: 115 €/tonelada + IVA
 - Olivo/Encina: 120€ /tonelada + IVA
- ¿Pero esto que significa en términos de energía?
 - 0,111 €/kW.h Gasoil
 - 0,043 €/kW.h Pellet
 - 0,034 €/kW.h Hueso
 - 0,028 €/kW.h Astilla
 - 0,024 €/kW.h Olivo/Encina

Fuente: Guillermo Baena Torres. APEA

4.2.2. Sistemas alternativos: Biomasa

Resumen:

– Ventajas:

- Cero emisiones de CO₂, ya que las emisiones son las mismas que capturó el vegetal original.
- El coste del combustible es en general más económico que el gas natural, gasóleo, etc.
- Subvenciones y apoyo en planes renove de calderas.

– Inconvenientes:

- El almacenamiento de combustible requiere un volumen considerable.
- El coste de mantenimiento puede aumentar si la caldera no funciona en el rendimiento adecuado, o si el combustible es de baja calidad.
- Riesgo de escorias en la combustión: los gases de combustión pueden requerir filtrados adicionales.
- El abastecimiento de combustible puede ser molesto para los residentes (ruido, polvo,...).
- Según la procedencia del combustible, las emisiones en el transporte pueden ser considerables.

– *Información adicional:*

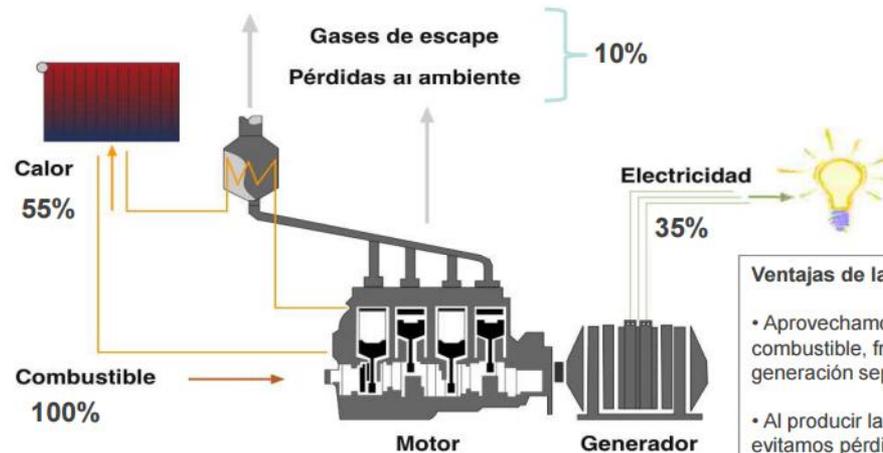
- *Guía Técnica de Instalaciones de biomasa. IDAE, 2009.*
- *APEA, AMISOLAR ahorro energético, Guillermo Baena Torres, 2013.*
- *AAE, Aproximación a la venta de energía térmica producida con energías renovables, 2011.*

4.2.3. Sistemas alternativos: Cogeneración

– La cogeneración es la generación en un mismo proceso de energía eléctrica y calor útil.

– Características:

- Alta eficiencia energética.
- Ahorro de energía primaria
- Generación eléctrica in-situ.
- Reducción de emisiones.
- Múltiples escalas:
 - Microcogeneración (< 50 kWe)



Ventajas de la cogeneración:

- Aprovechamos el 90% de la energía del combustible, frente al 60%-70% de la mejor generación separada de electricidad y calor.
- Al producir la electricidad localmente evitamos pérdidas de transporte y distribución hasta los consumidores.



Fuente: COGEN España

Fuente: LCCE GV

4.2.3. Sistemas alternativos: Cogeneración

- Componentes de la micro-cogeneración en edificios:



Fuente: ALTARE Energía, 2015.

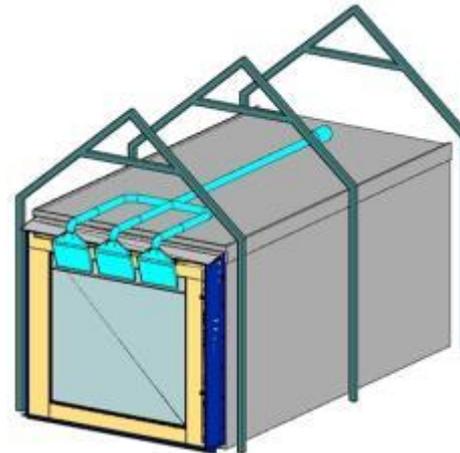
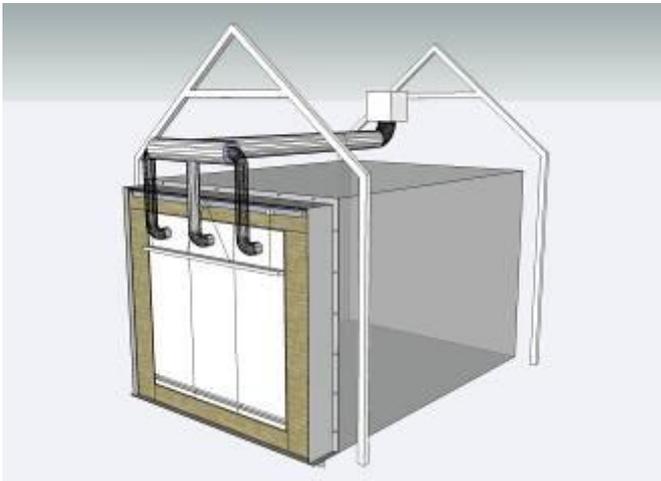
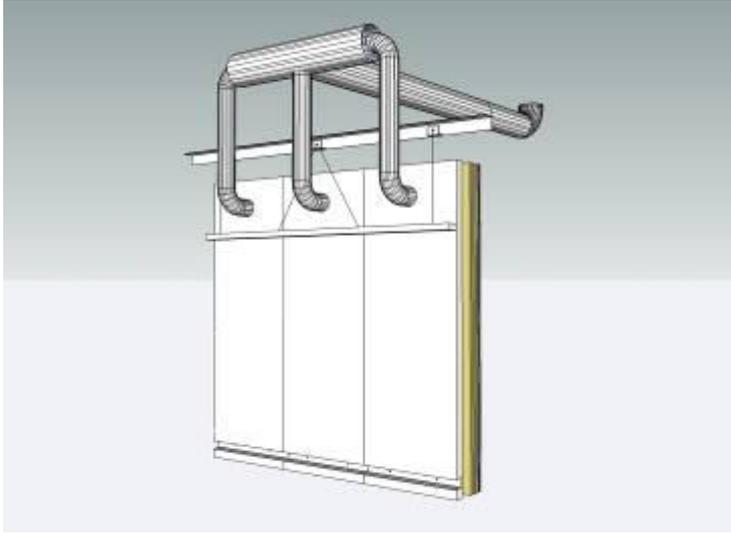
4.2.3. Sistemas alternativos: Cogeneración

- Marco normativo:
 - Legislación vigente compleja y en revisión.
 - Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
 - Autoconsumo o venta debido a normativa estatal, incertidumbre legal y falta de inversiones.

- En general, las retribuciones actuales se basan en tres partes:
 - Compensación del precio de venta de mercado (pool energético).
 - Retribución de la inversión.
 - Retribución de la operación.

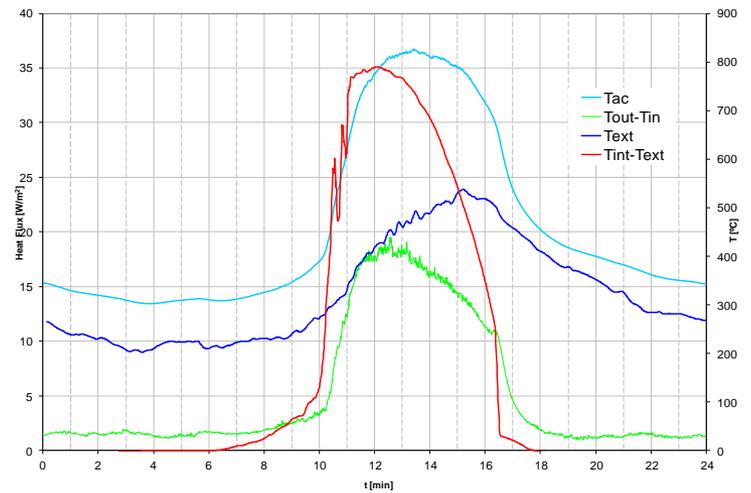
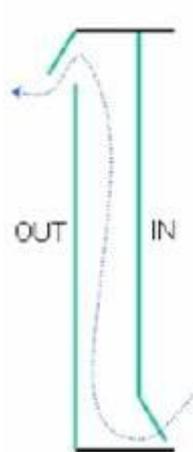
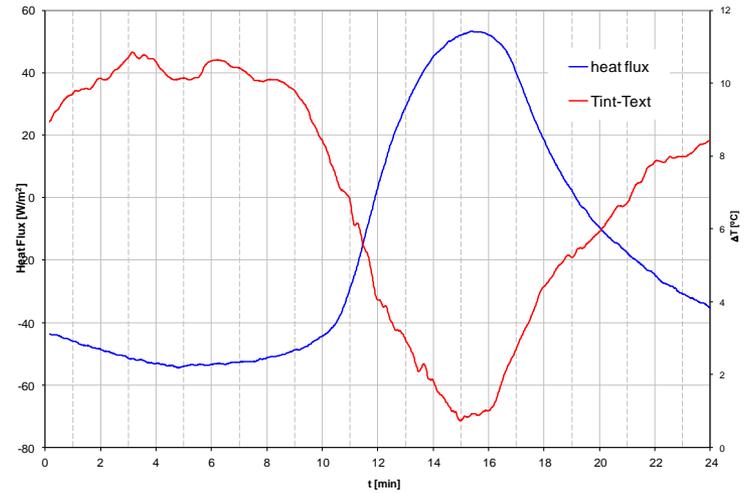
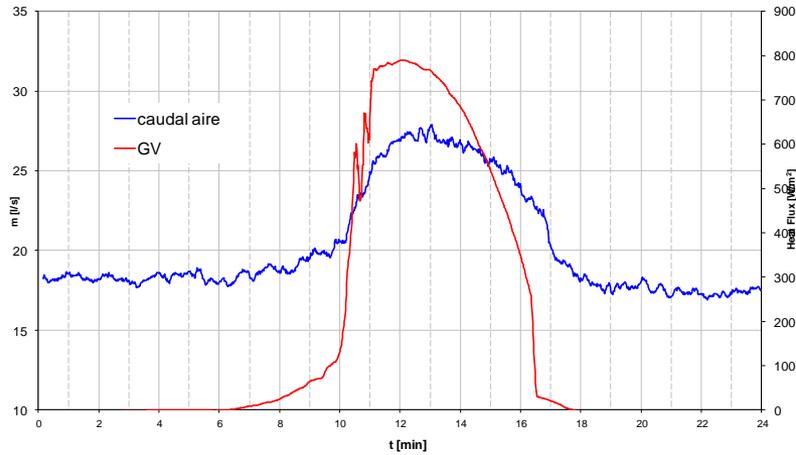
- Información adicional:
 - *Efectos y consecuencias de la reforma eléctrica en la cogeneración, X Congreso de COGEN España, 2014.*
 - *Real Decreto 413/2014, de 10 de junio.*

4.3. Envolventes activas y potencial de futuro: Fach. ventilada activa

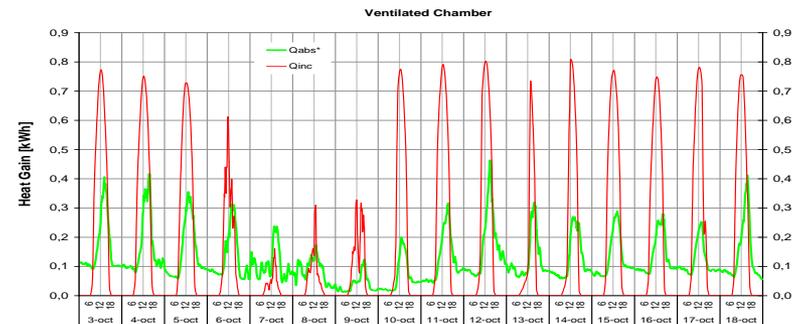
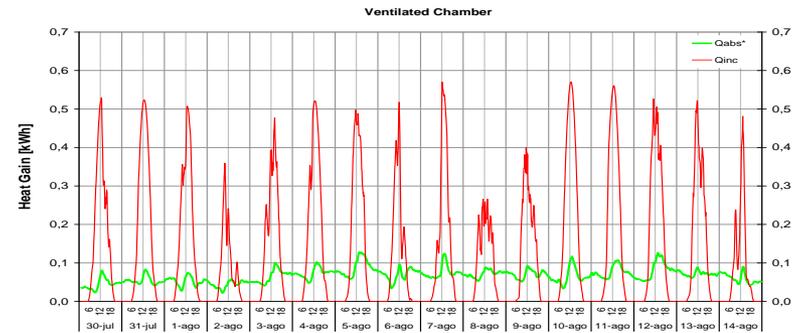
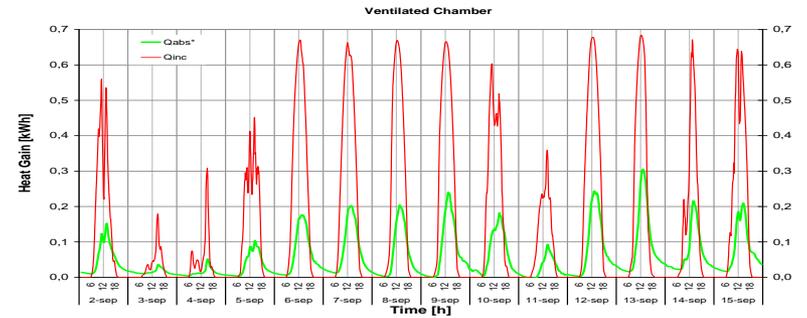


Área Térmica del Laboratorio de Control de Calidad en la Edificación del Gobierno Vasco.

4.3. Envoltentes activas y potencial de futuro: Fach. ventilada activa

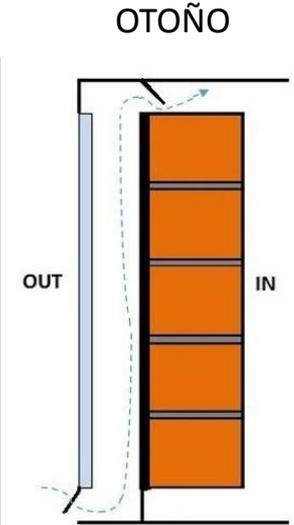
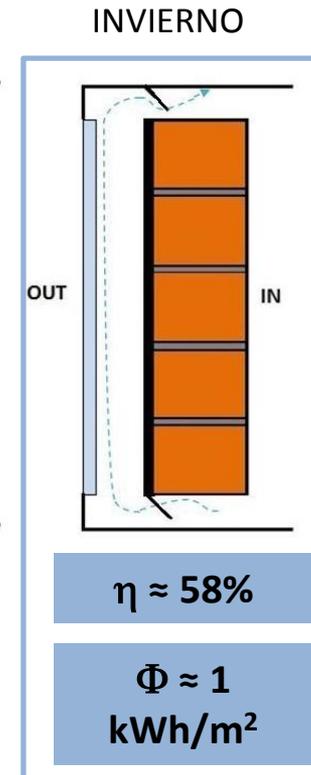
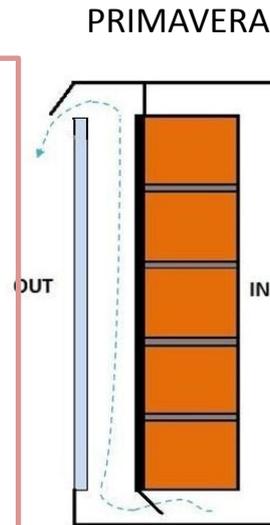
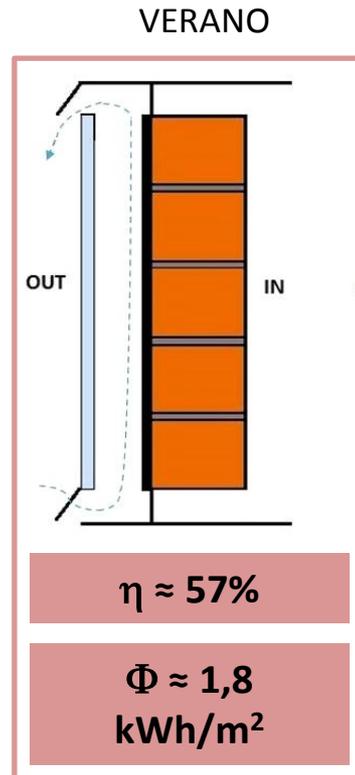


4.3. Envoltentes activas y potencial de futuro: Muro trombe

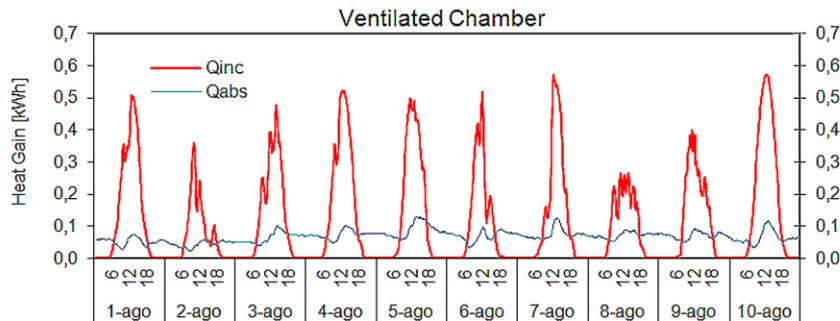


4.3. Envoltentes activas y potencial de futuro: Muro trombe

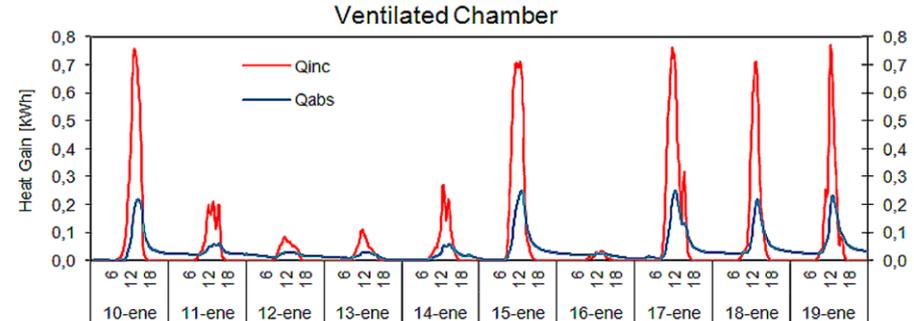
- Rendimiento, calor absorbido:



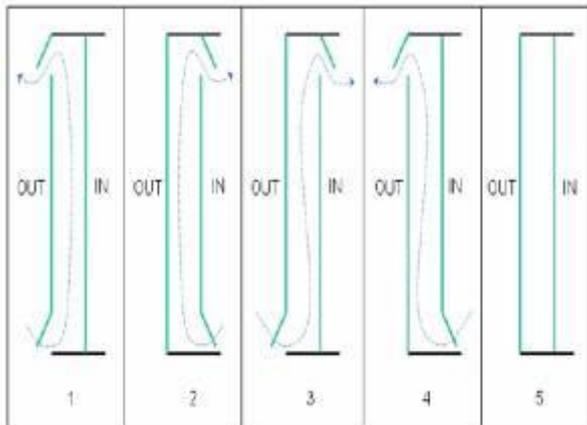
Refrigeración en verano



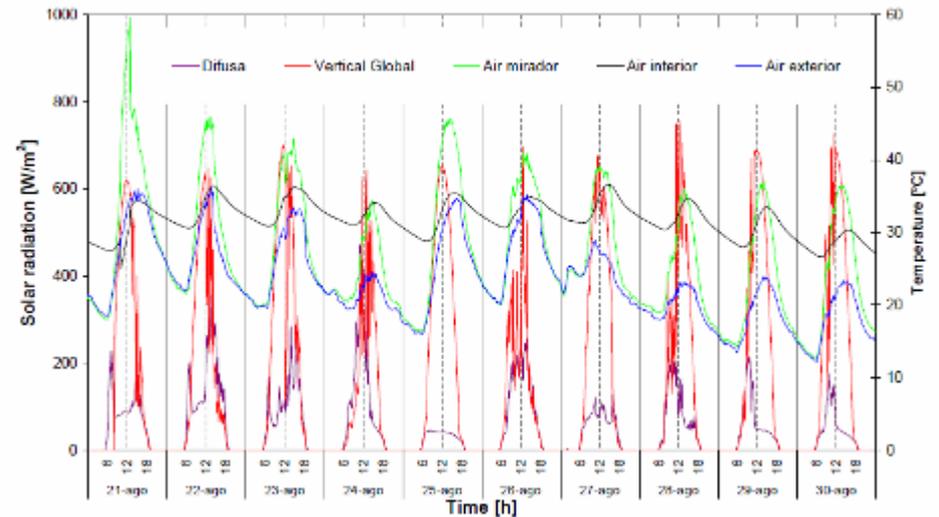
Calor en invierno



4.3. Envoltantes activas y potencial de futuro: Ventana activa

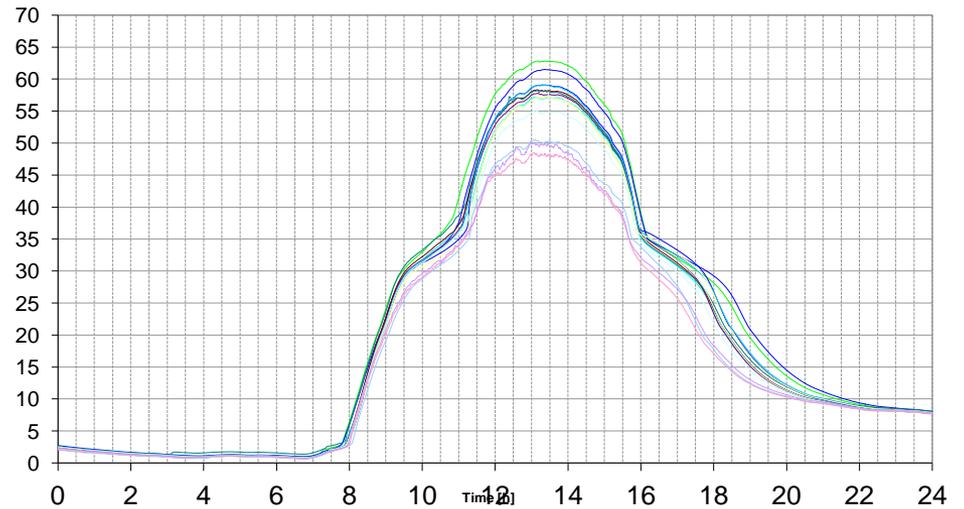
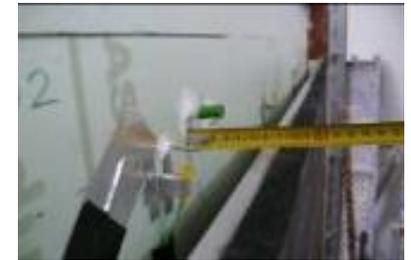


Temperatures in the storage system

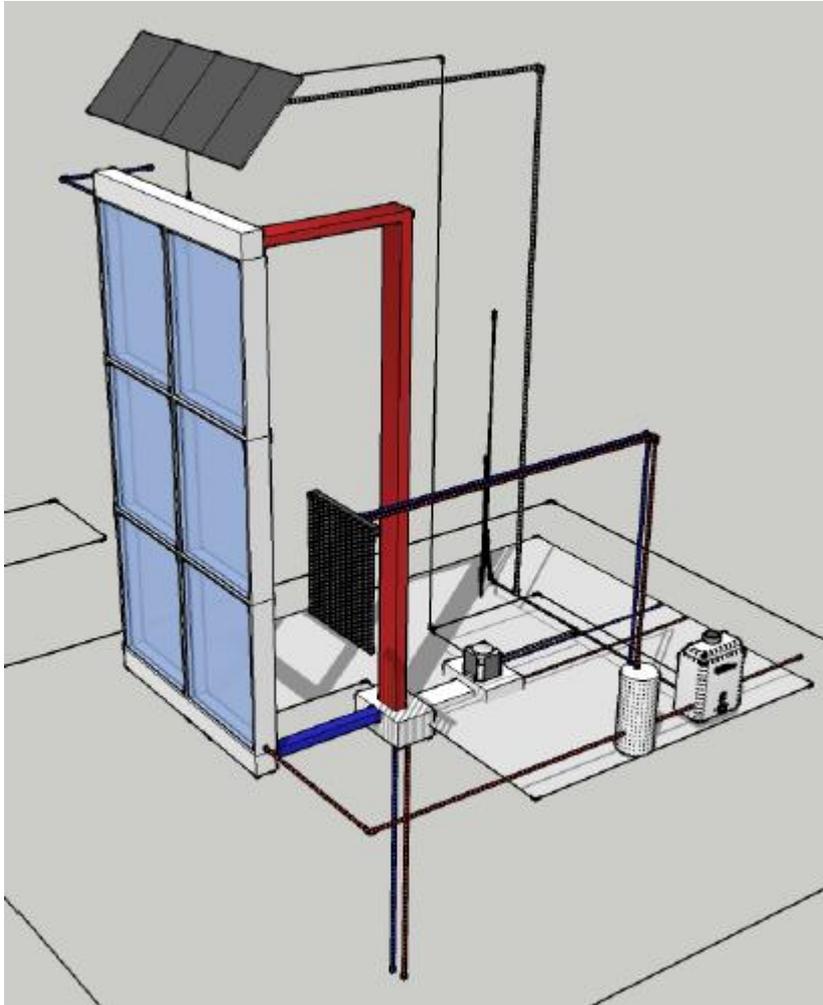


Area Térmica del Laboratorio de Control de Calidad en la Edificación del Gobierno Vasco.

4.3. Envolvertes activas y potencial de futuro: PCM embebido



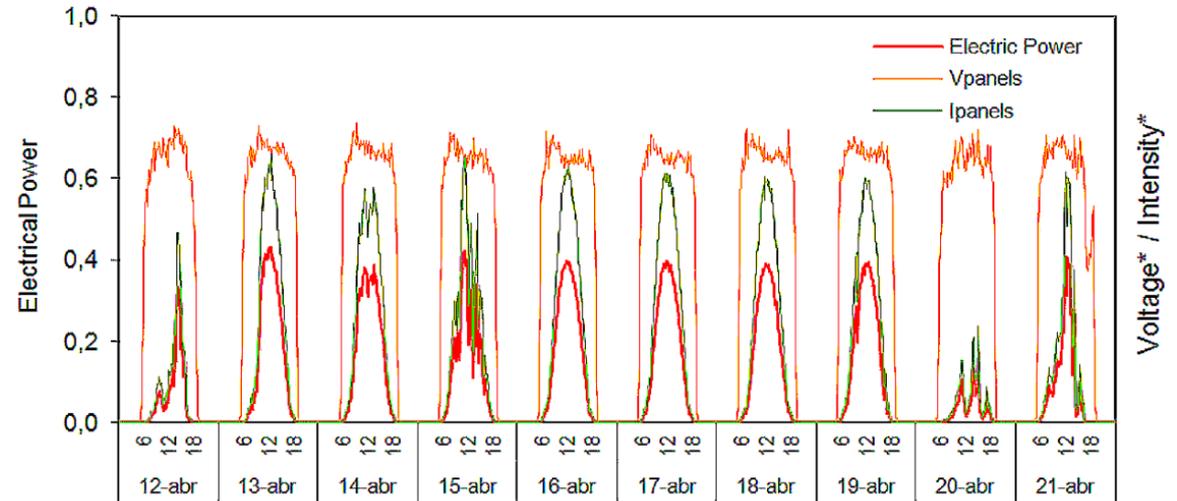
4.3. Envolventes activas y potencial de futuro: Muro de agua



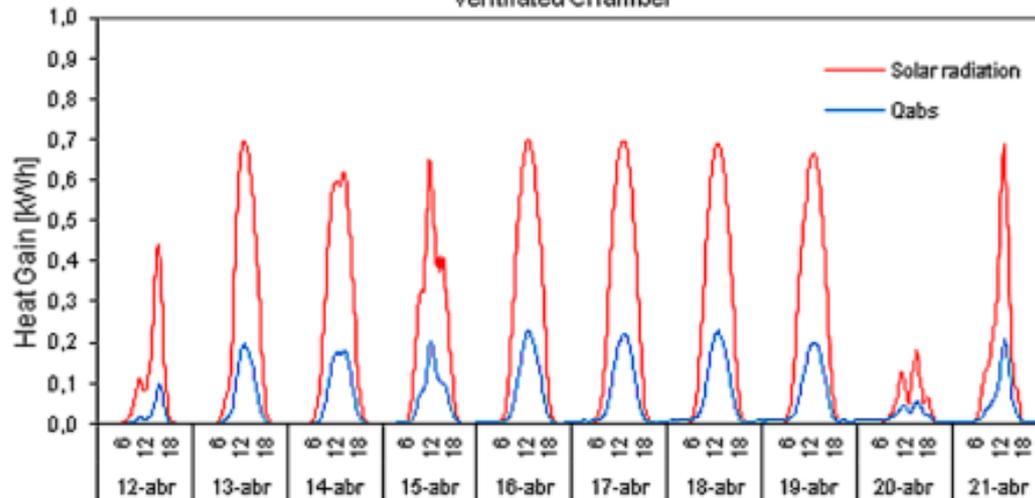
4.3. Envoltentes activas y potencial de futuro: PV con extracción forzada de aire



Electrical behavior



Ventilated Chamber



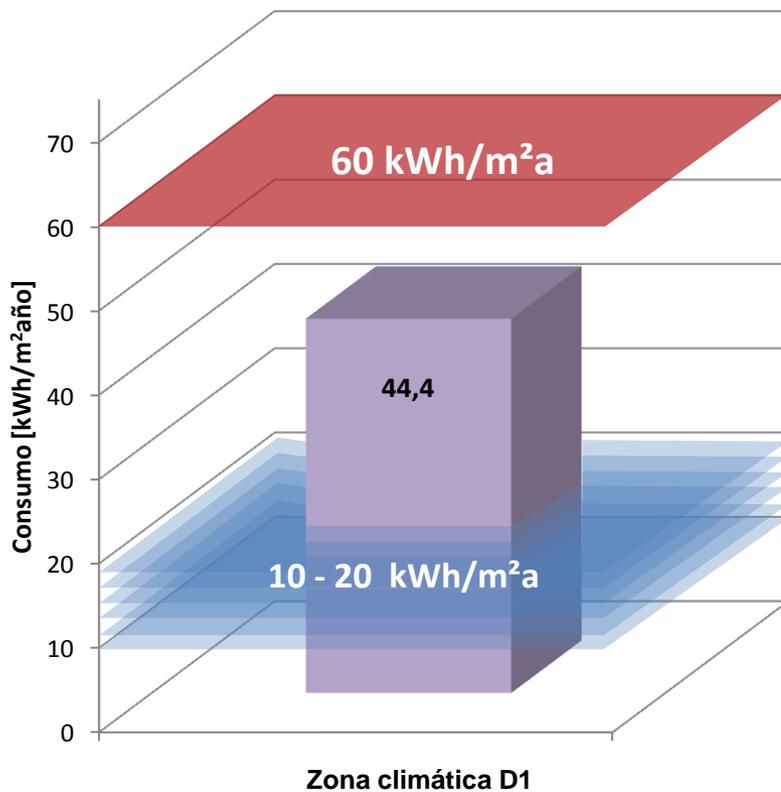
$\eta \approx 30\%$

$\Phi \approx 1 \text{ kWh/m}^2$

4.4. Integración y optimización de sistemas

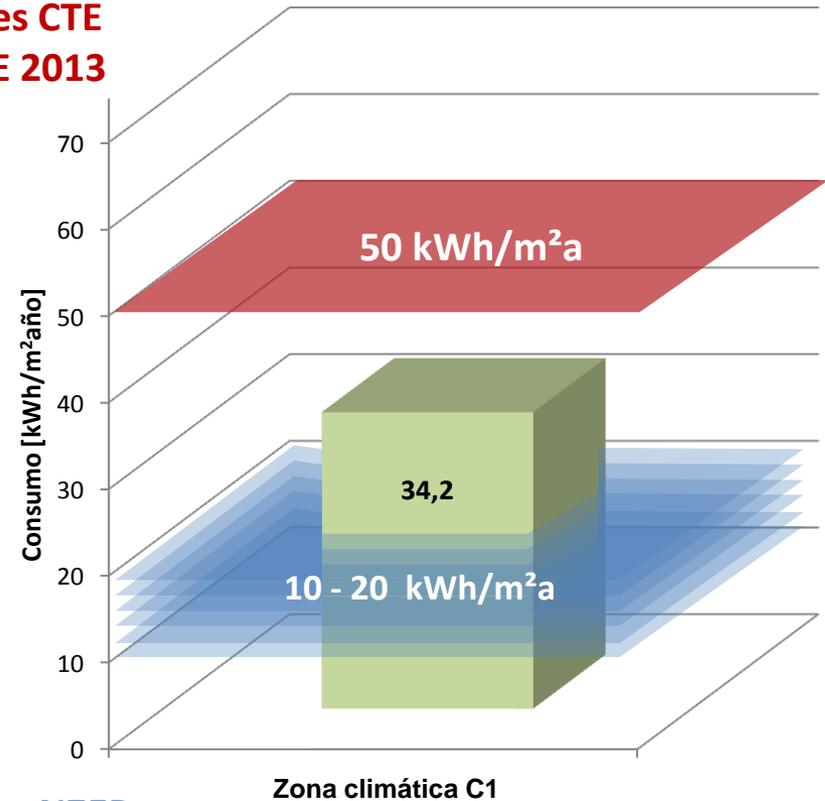
- Situación actual de los sistemas en la EE del edificio: límites de consumo HE0.
- Potencial de mejora: dimensionado según estrategias de operación.

Consumo Edificio Tipo zona D1



Consumo Edificio Tipo zona C1

Límites CTE
DB-HE 2013



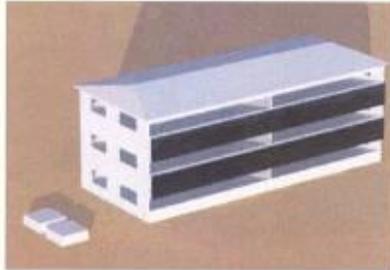
Futuro NZEB
10 - 20 kWh/m²a

4.4. Integración y optimización de sistemas: Mejoras con simulación

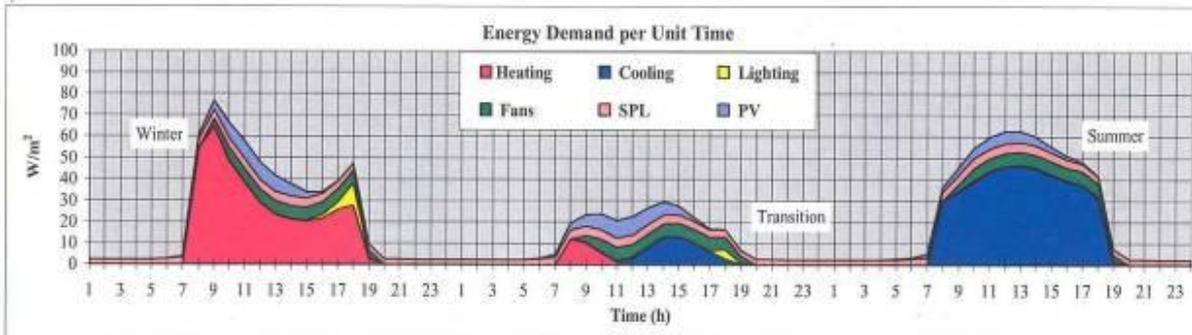
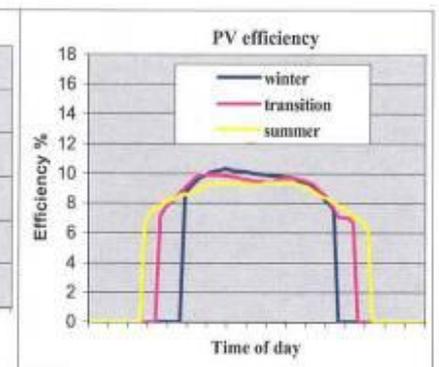
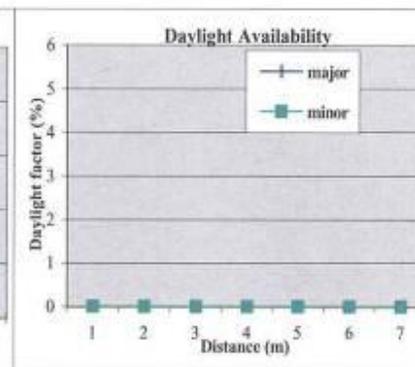
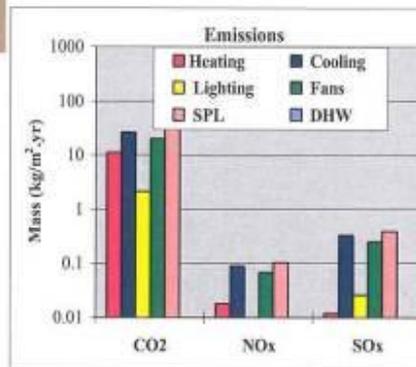
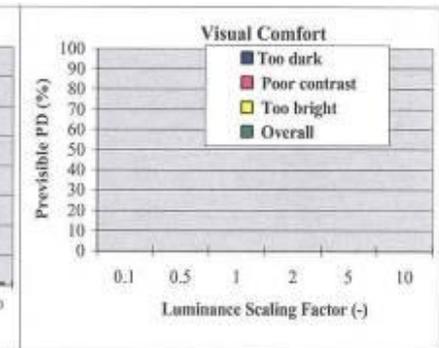
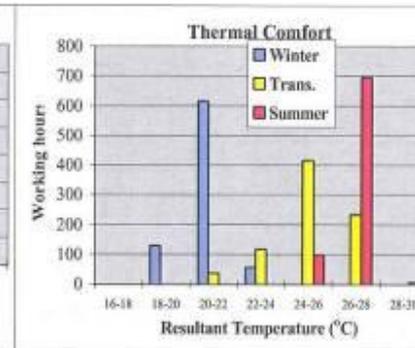
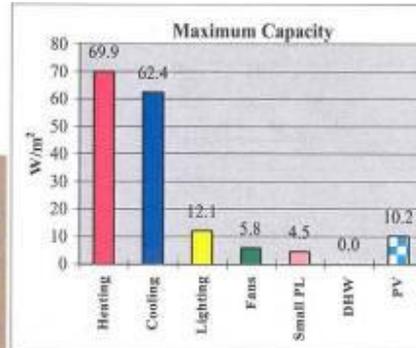
- Análisis energético global del edificio

Impact Project

Version: V1 (Milan high hc)
 Contact: ESRU
 Date: Jan-00



The Ref V1 model with horiz PV modules
 It has same operational details as the
 base case.
 Natural vent in PV modules (hc is 18)



Annual Energy Performance

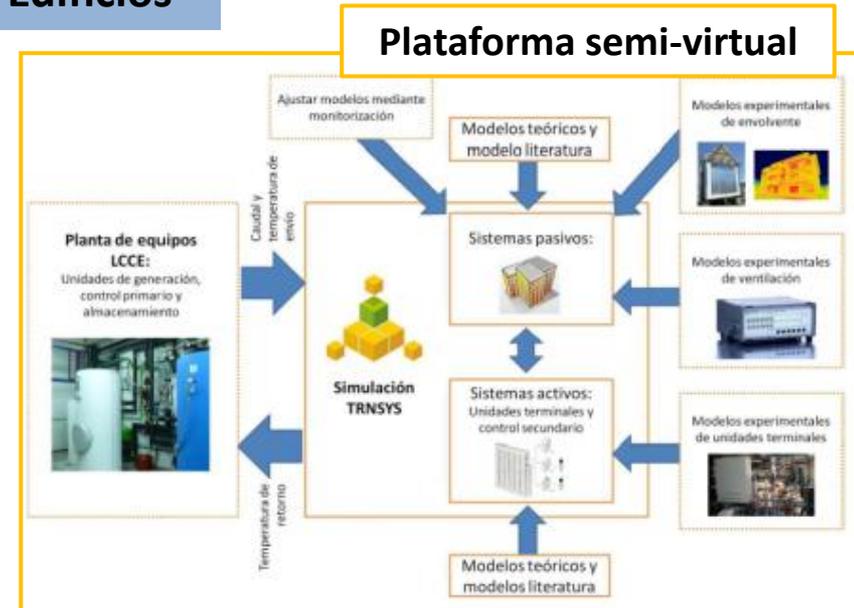
Heating:	45.29 kWh/m ² a
Cooling:	50.72 kWh/m ² a
Lighting:	4.04 kWh/m ² a
Fans:	15.44 kWh/m ² a
Small PL:	24.02 kWh/m ² a
PV:	14.81 kWh/m ² a
Total:	139.51 kWh/m² a

4.4. Integración y optimización de sistemas: Estrategias de operación

- Comprobar estrategias de operación de bajo consumo y redimensionar equipos.

Planta Experimental de Instalaciones Térmicas en Edificios

Instalación **modular** y **flexible** que permite ensayar de un modo **versátil** la componente **térmica y eléctrica** de plantas de **calefacción y ACS** de diferente naturaleza



- Ensayos **estacionarios y dinámicos** de equipos indiv.
- Ensayos **estrategias de funcionamiento**.
- Implementación de **estrategias de control avanzadas**.
- **Gestión del almacenamiento** e integración.
- **Calibración de algoritmos**, comportamiento equipos.
- Ensayos **certificación** de eficiencia energética.

5. Casos prácticos.



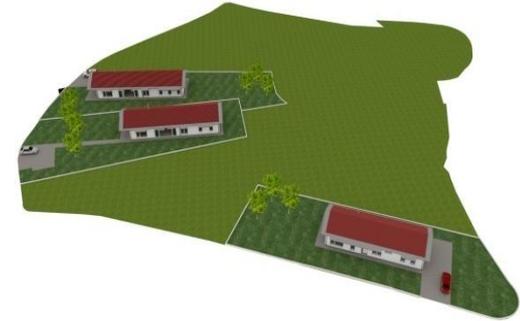
Área de Térmica, del Laboratorio de Control de Calidad en la Edificación del Gobierno Vasco.

- *Construido y monitorizado:* Vivienda unifamiliar Passivhaus.
- *Construido y ensayado:* 176 viviendas de calificación A+.
- *Construido y ensayado:* vivienda bifamiliar Passivhaus, nueva/rehabilitada.

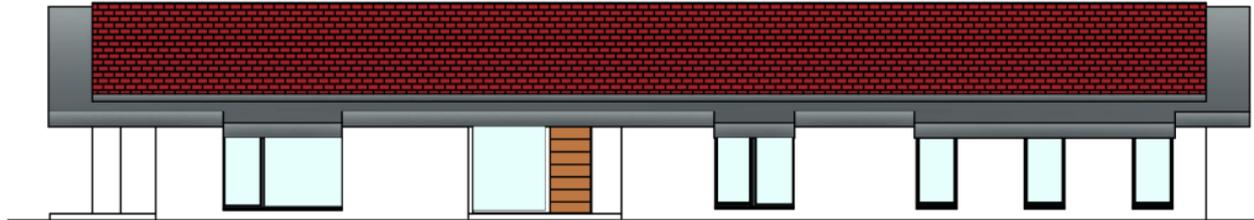
5.1. Monitorización de vivienda unifamiliar Passivhaus

5.1. Monitorización de vivienda unifamiliar Passivhaus

1. Alto grado de aislamiento térmico.
2. Eliminación de puentes térmicos.
3. Control de infiltraciones de aire.
4. VMC con recuperador de calor.
5. Carpinterías de altas prestaciones.
6. Ganancias internas y soleamiento.
7. Modelización energética ,PHPP.



ALZ. OESTE



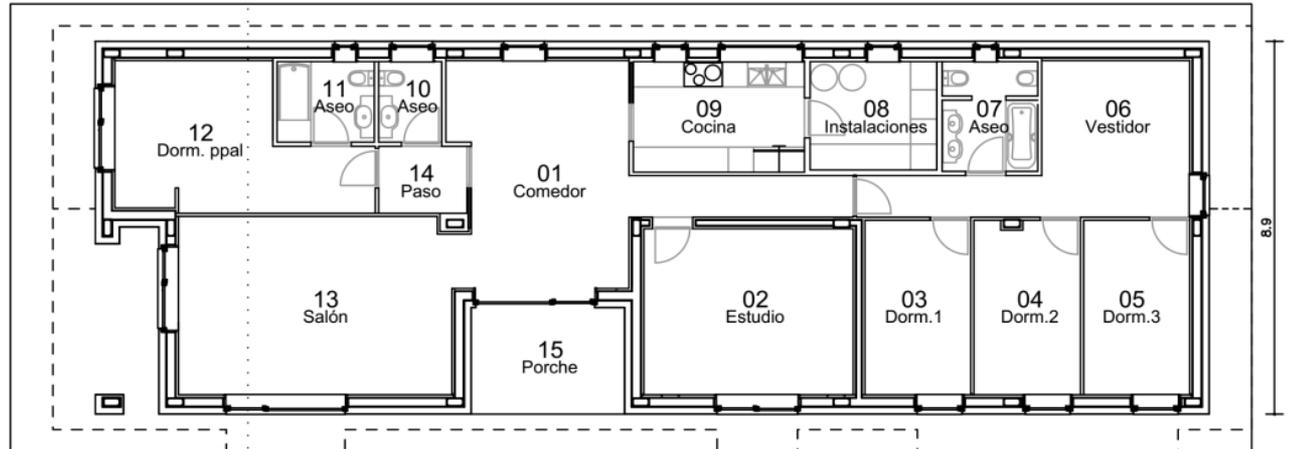
ALZ. SUR

Clim
Estudio de Arquitectura S.L.P.

ECHEANDIA y
ARREGUI Arquitectos



SECCIÓN | 8.9



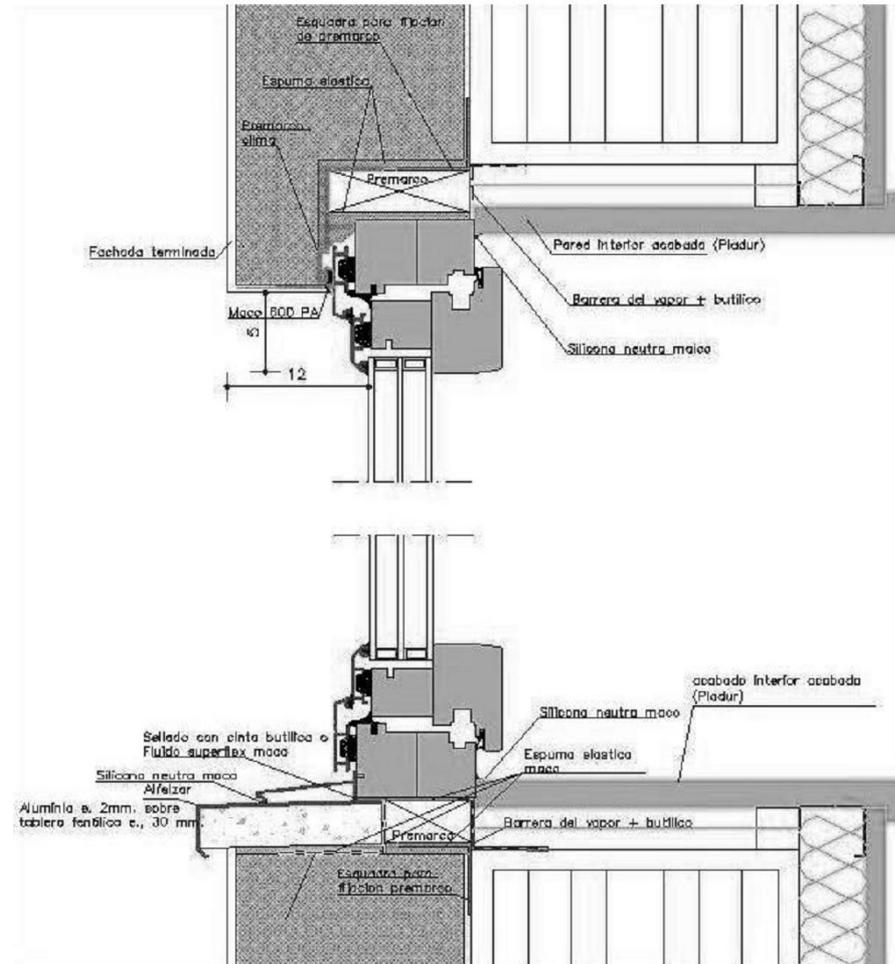
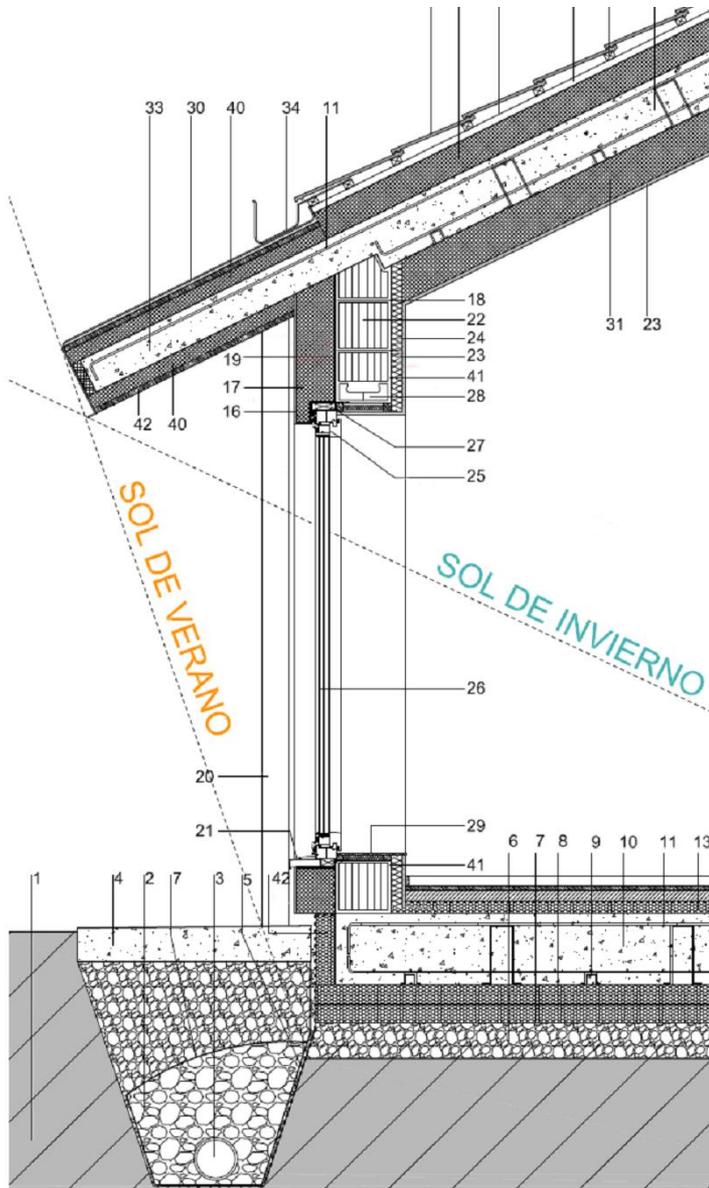
Sec

26.3

PLANTA

Área Térmica del Laboratorio de Control de Calidad en la Edificación del Gobierno Vasco.

5.1. Monitorización de vivienda unifamiliar Passivhaus



CliM
Estudio de Arquitectura S.L.P

ECHEANDIA y
ARREGUI Arquitectos

Área Térmica del Laboratorio de Control de Calidad en la Edificación del Gobierno Vasco.

5.1. Monitorización de vivienda unifamiliar Passivhaus

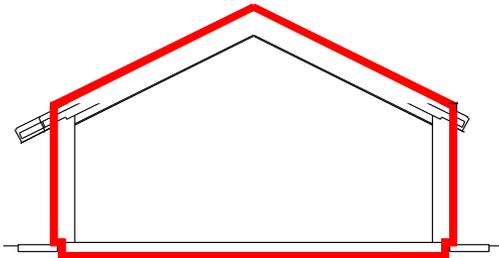
- Envoltente térmica, secciones constructivas y componentes

Tabla 1 - Envoltente térmica, secciones constructivas y componentes

FACHADA U = 0,143 W/m²K	λ [W/(mK)]	Espesor [mm]	SOLERA U = 0,160 W/m²K	λ [W/(mK)]	Espesor [mm]
Revoco exterior	0,870	6	EPS Neopor	0,036	160
EPS Neopor	0,032	160	Solera de hormigón	2,400	300
Adhesivo	0,870	5	EPS Neopor	0,036	50
Raseo hidrófugo	1,300	15	Recrecido	1,300	50
Arliblock	0,460	200	Tarima flotante	0,130	15
Yeso proyectado	0,570	15			
Lana de roca	0,036	50			
Placa yeso laminado	0,250	15			
CUBIERTA U = 0,111 W/m²K	λ [W/(mK)]	Espesor [mm]	CARPINTERÍAS	U [W/(m ² K)]	F. solar [%]
EPS Neopor	0,032	120	Marco mixto madera/aluminio	1,00	-
Losa de hormigón	2,400	220	Vidrio triple argón/B.Emisivo	0,60	50
EPS Neopor	0,032	160	Conjunto carpintería tipo	0,9	-

5.1. Monitorización de vivienda unifamiliar Passivhaus

URRUTIA

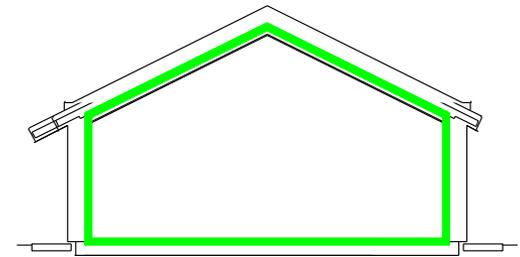


ENVOLVENTE TÉRMICA

5.1. Monitorización de vivienda unifamiliar Passivhaus



URRUTIA



ENVOLVENTE DE ESTANQUEIDAD

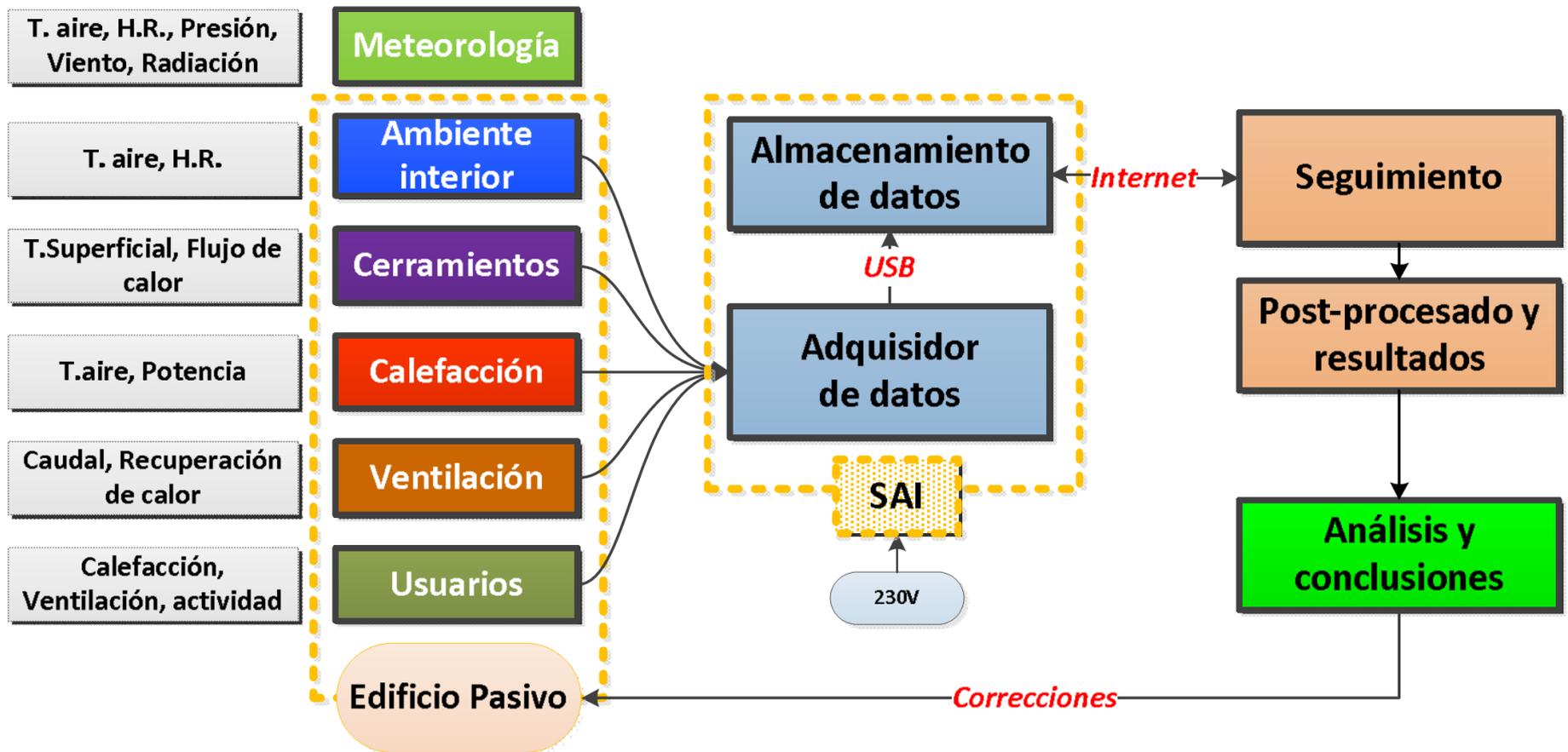
5.1. Monitorización de vivienda unifamiliar Passivhaus

- Sistema de Monitorización (BMS):



5.1. Monitorización de vivienda unifamiliar Passivhaus

- Componentes del BMS:



5.1. Monitorización de vivienda unifamiliar Passivhaus



LEYENDA INSTRUMENTACIÓN

- 01 Código Espacio interior
- Ta01: Sonda T. ambiente
- Ts01: Sonda T. superficial interior
- Tp11: Sonda T.sup. pilar
- Tf01: Sonda T.sup. forjado
- F06: Fluxímetro
- Te01: Sonda T.sup. cerramiento
- Hr13: Sonda Humedad relativa
- Tc13: Sonda T.sup. chimenea
- Pc13: Watímetro calefactor eléctrico

- Largo periodo de monitorización, 14 meses.
 - Casi 2 kilómetros de cable y más de 90 sondas.

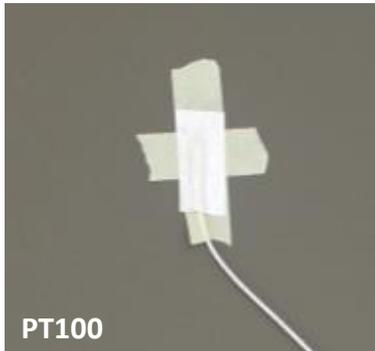
5.1. Monitorización de vivienda unifamiliar Passivhaus



Adquisidor



Watimetro



PT100



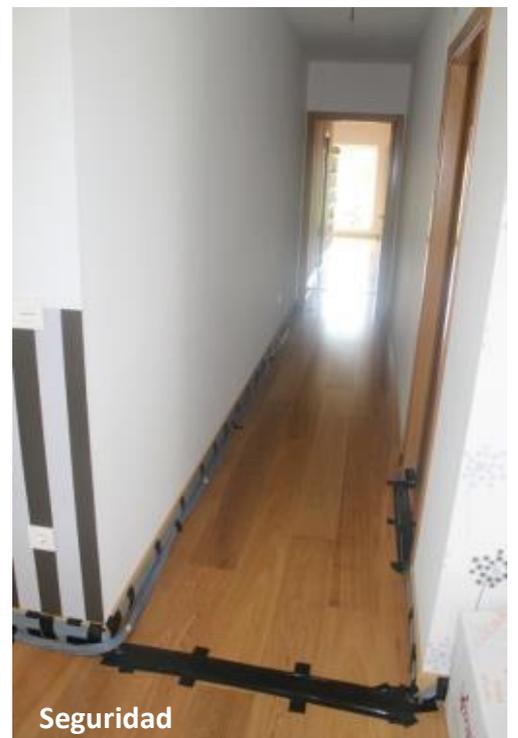
Calefactor 400W



Est. Meteo.



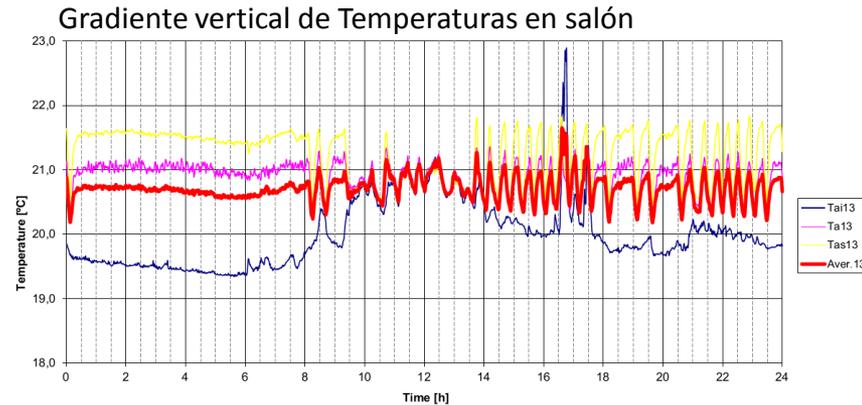
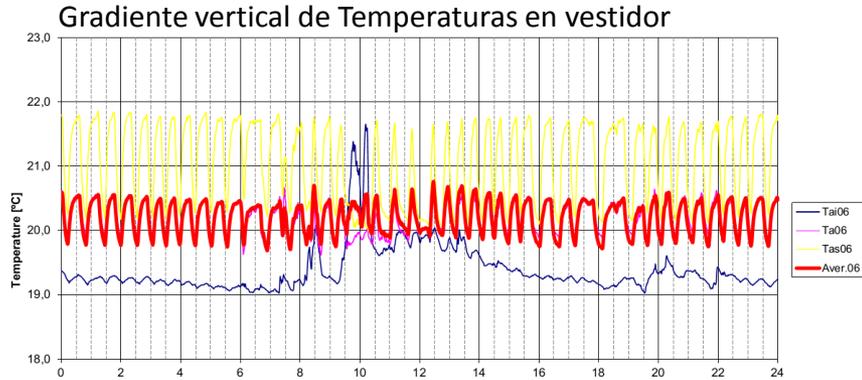
Conexiones



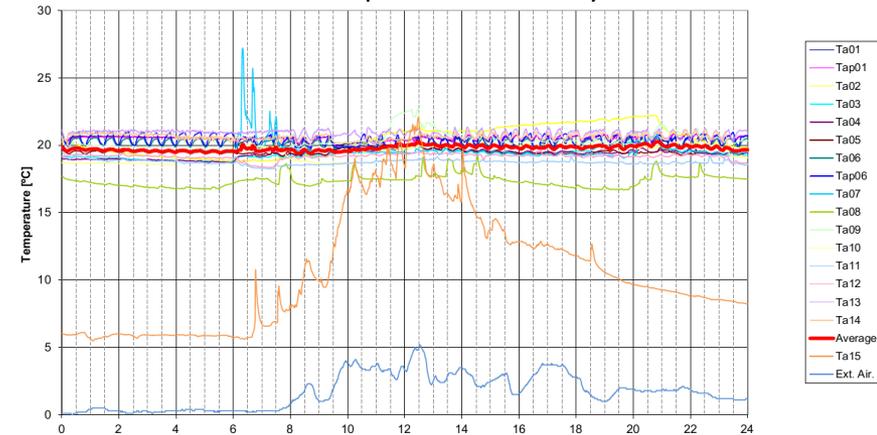
Seguridad

5.1. Monitorización de vivienda unifamiliar Passivhaus: Confort invierno

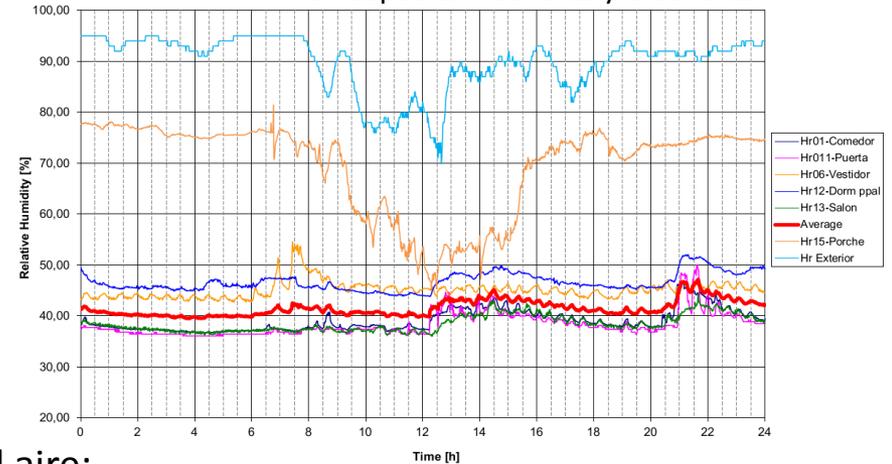
Datos 14 de marzo, día frío y nublado (T.m día en 1,7°C y semana fría).



T.aire en espacios interiores y exteriores



H.R. en espacios interiores y exteriores

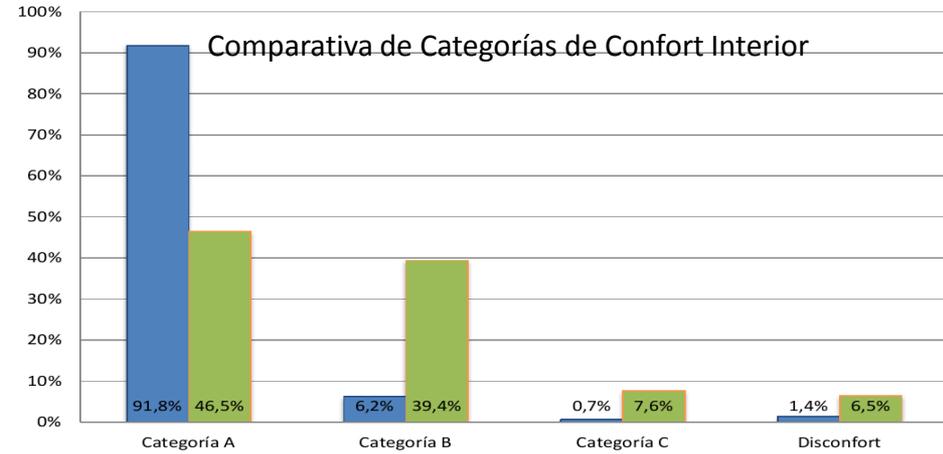
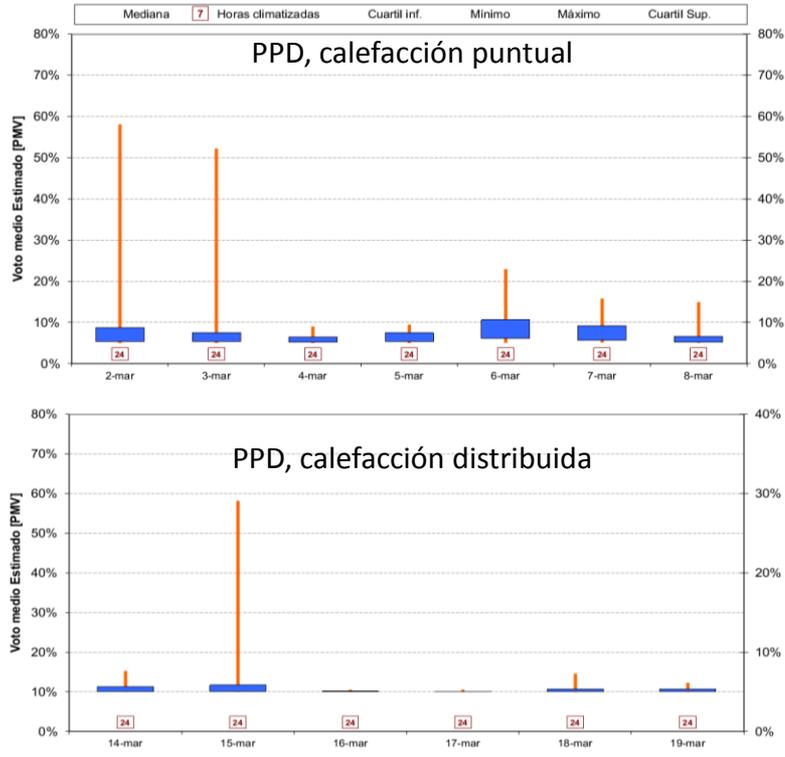


La medición de Temperatura y Humedad Relativa del aire:

- La **envolvente de calidad** conserva un ambiente interior con oscilaciones muy reducidas, en torno a 1 - 2°C. El gradiente vertical y horizontal era mayor con la estufa puntual, que se solucionó con la distribución de la potencia en dos puntos.
- La **H.R.** está limitada por la H. absoluta del aire exterior, la ventilación extrae la humedad interior. Se mantiene entre 35 y 50%, con el mínimo valor en la puerta de entrada y gradualmente hacia las demás estancias.

5.1. Monitorización de vivienda unifamiliar Passivhaus: Confort invierno

- Confort interior en invierno (periodo de calefacción): UNE ISO 7730



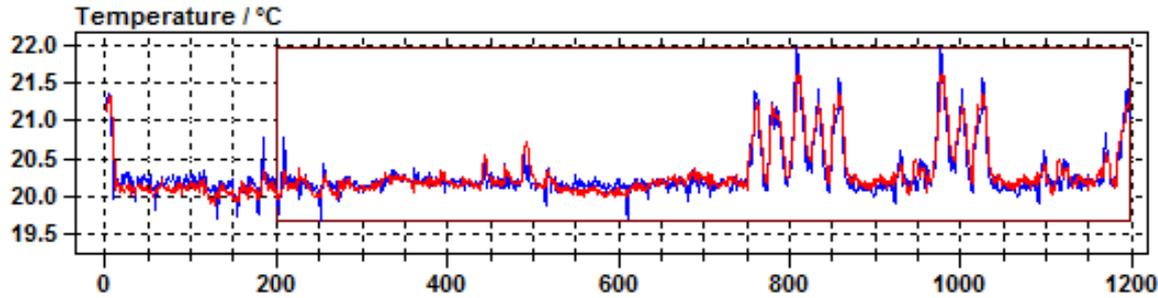
La medición del confort interior:

- Ensayo según **norma UNE EN ISO 7730:2006**, que mide la **calidad del ambiente interior**.
- Dos periodos de medición del confort: Calefacción puntual y distribuida. Categorías A y B en la mayoría de las horas (muy buena y buena).
- Hay periodos de sobrecalentamiento por radiación directa, aspecto a estudiar en verano.
- No se detectan problemas por corrientes de aire ni estratificación en la segunda semana.

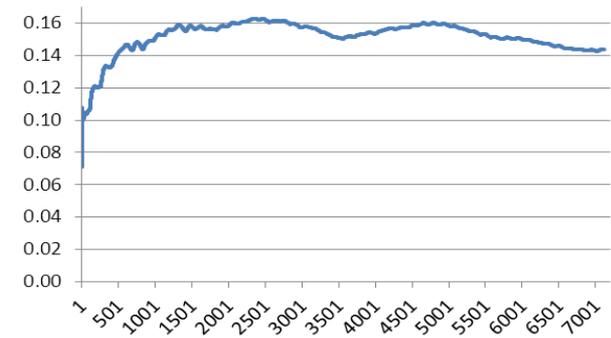


5.1. Monitorización de vivienda unifamiliar Passivhaus: Fachadas

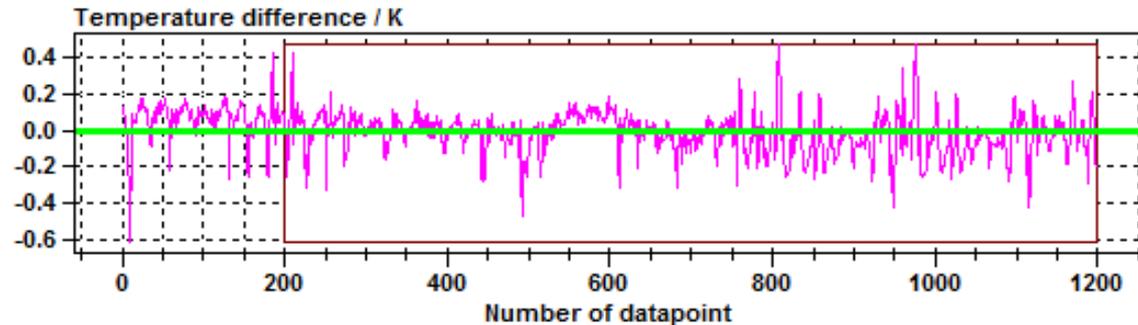
b) Modelo R-C. Comparación T. Interior: Calculada y medida



a) Método integrado, norma ISO 9869



b) Modelo R-C. Residuos del modelo: (T. Interior: Calculo teórico – medida)



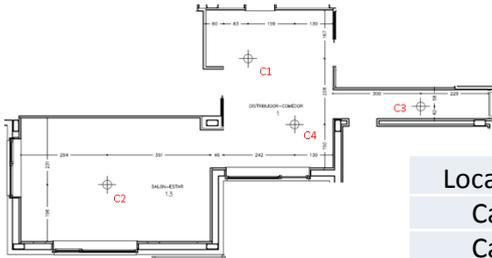
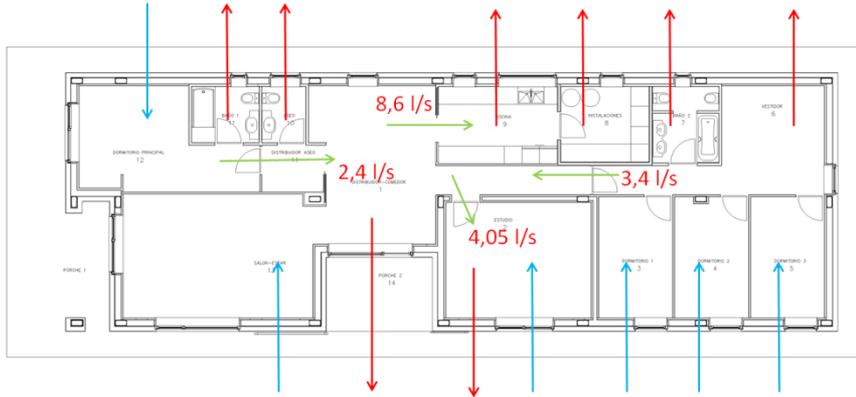
Fluximetro y Pt100 instaladas



La medición del flujo de calor en fachada:

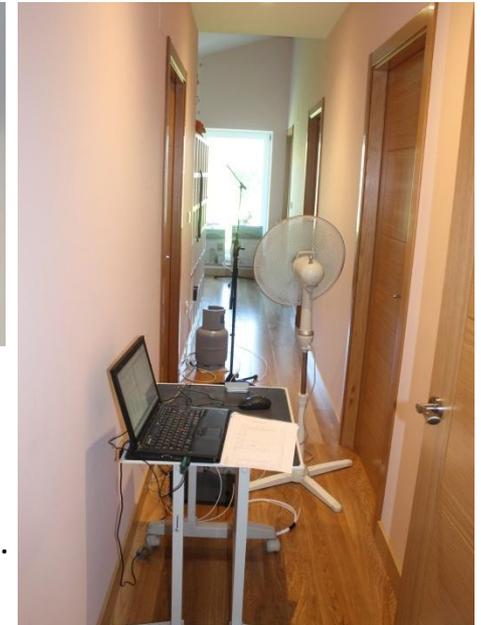
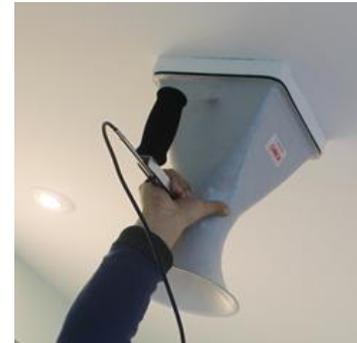
- Se mide el flujo de calor y las T.sup. en las caras interior y exterior de fachada.
- **Transmitancia “in situ”** de la fachada, según dos métodos:
 - a) **Cálculo integrado** según norma ISO 9869: **0,14 W/m²·K.**
 - b) **Modelo R-C de la red DYNASTEE**, con incertidumbre menor del 5%
- Estimación del PHPP, transmitancia de fachada tipo: 0,144 W/m²·K.

5.1. Monitorización de vivienda unifamiliar Passivhaus



Localización	Edad del aire (h)
Canal 1	2,00
Canal 2	2,15
Canal 3	1,98
Canal 4	1,67
Time nominal constant	2,13

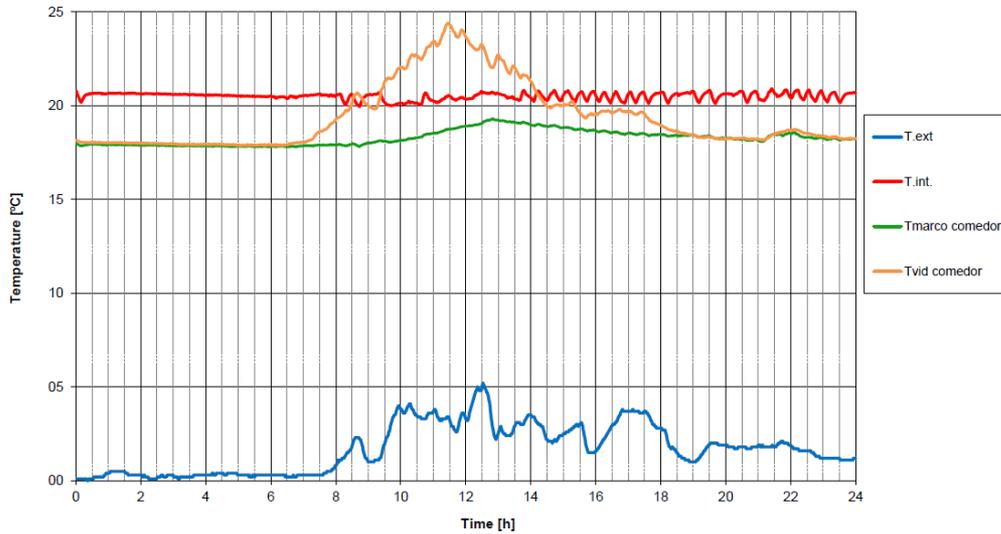
Local	Caudal de ventilación (l/s)	Renovaciones de aire (1/h)
Comedor – Sala de estar	20.5	0,46
Estudio	10.3	0,63
Dormitorio 1	3.5	0,42
Dormitorio 2	3.3	0,41
Dormitorio 3	4.3	0,53
Vestidor	7.6	0,74
Baño 2	6.3	1,68
Instalaciones	3.7	0,74
Cocina	8.6	1,42
Aseo	2.9	1,42
Baño 1	6.5	2,02
Dormitorio principal	11.8	1,04
TOTAL MEDIDO (l/s)	89.3	
TOTAL (m3/h)	321.48	
Extr. diseño Passivhaus (m3/h)	220.0	
Extr. diseño CTE (m3/h)	241.2	



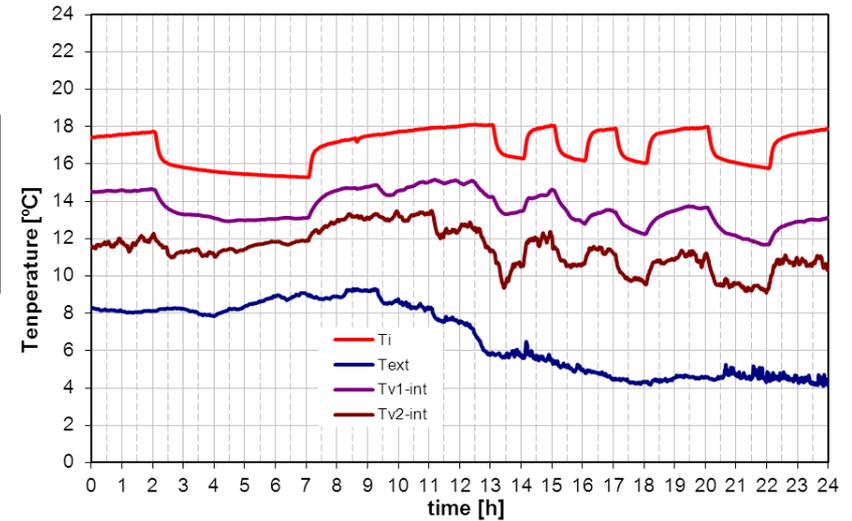
Análisis de renovaciones de aire:

- Las **infiltraciones** son uno de los componentes más importantes. El ensayo de puerta ventilador cumplió la estanqueidad de la envolvente: $0,21 \text{ h}^{-1}$.
- **Comprobación** inicial de los **caudales** en las **bocas de admisión y extracción**.
- Con el **ensayo de gases trazadores**, medición de la renovación real de cada espacio.
- Para comprobar la **ventilación homogénea**, se analizaron las edades del aire.

5.1. Monitorización de vivienda unifamiliar Passivhaus: Ventanas



Día frío: 14 de marzo (T.media de 1,7°C)
tras una semana fría.



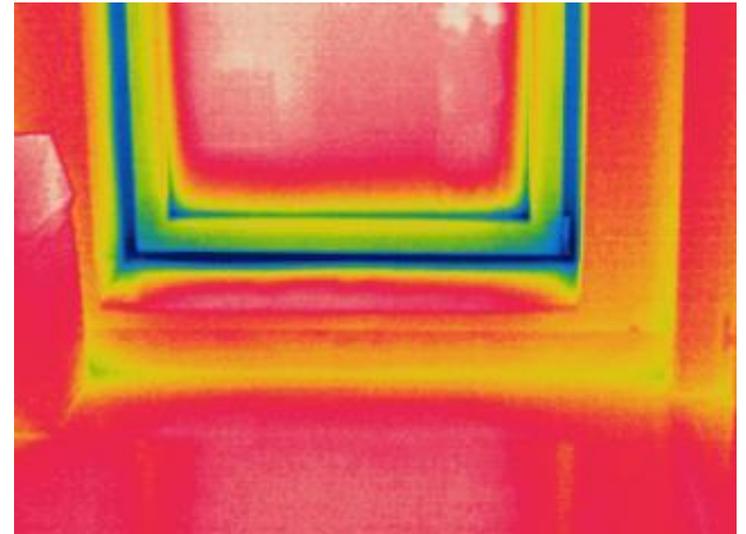
Carpinterías de Viv. tradicional: con vidrio monolítico (Tv2)
vidrio doble (Tv1)

Análisis de carpinterías:

- La Temperaturas de vidrio y marco se asemejan a las de temperatura de aire interior, lo que muestra:

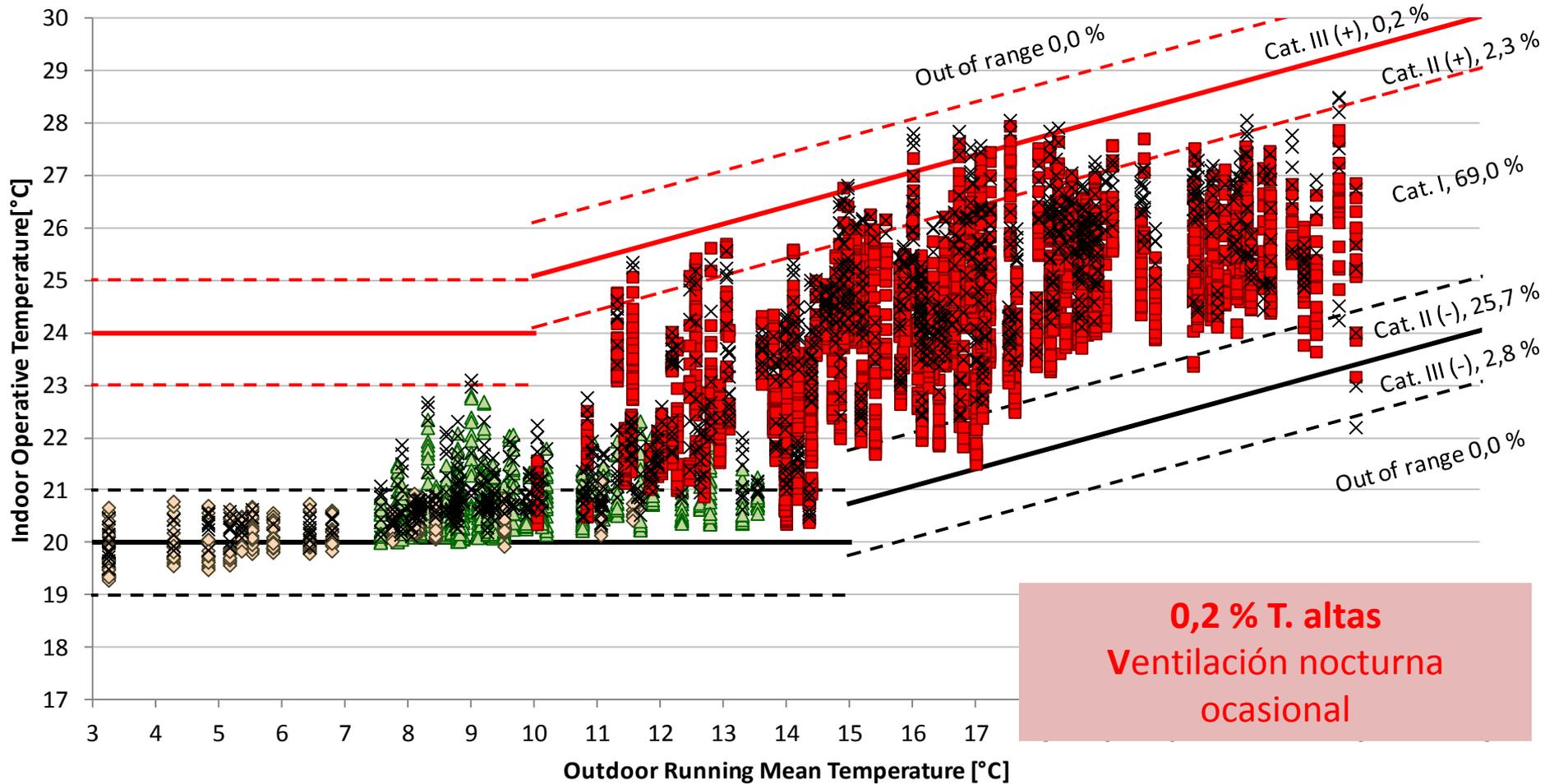
Alto grado de aislamiento.

- La **comparación** con unas carpinterías **tradicionales** de vidrio simple o doble, subrayan **la diferencia**.



5.1. Monitorización de vivienda unifamiliar Passivhaus: Confort verano

- Norma EN 15251:2007, de confort adaptativo.



--- Category I (optimal, PMV < ±0,2)

— Category II (acceptable, PMV < ±0,5)

- · - Category III (discomfort, PMV < ±0,7)

▲ Spring, heated

◇ Fall, heated

■ Summer, free-running

× Unoccupied hours

5.2. Edificio construido, 176 viviendas de calificación A+

5.2. Edificio construido, 176 viviendas de calificación A+

- Edificio del proyecto europeo PYMEs, englobado en el programa CONCERTO initiative.
- Objetivos:
 - Reducción de la demanda en al menos un 30% sobre el estándar
 - Implementación de energías renovables.
 - Socios: Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz, VISESA, TECNIO
 - Monitorización y ensayo de las características.



Estrategias de reducción de demanda:

- ✓ Volúmenes **compactos**, orientación al sur
- ✓ Elementos de **sombreamiento** en fachadas sur
- ✓ Viviendas con **doble orientación**
- ✓ Aislamiento térmico de forjados entre viviendas
- ✓ **Alta estanqueidad**: minimización infiltraciones
- ✓ Ventilación con **recuperación de calor**
- ✓ Aislamiento continuo para **minimización puentes térmicos**
- ✓ Cerramientos de **alto aislamiento** (baja transmitancia)
- ✓ Vidrios dobles **bajo emisivos** con argón



Microrred:

- ✓ **Integración fotovoltaica** en fachada sur
- ✓ Sistema de **cogeneración** de energía térmica y eléctrica
- ✓ **Gestión energética inteligente**, basada en predicción de la demanda y despacho económico



**MAYOR CONFORT Y AHORRO
ECONOMICO PARA EL USUARIO**

5.2. Edificio construido, 176 viviendas de calificación A+

- Transmitancias de la envolvente:

	U_{proyect} [W/m ² k]	$U_{\text{tested in lab}}$ [W/m ² k]	$U_{\text{tested in situ}}$ [W/m ² k]
ROOF	< 0,24	0,18	0,19
FACADE	< 0,35	0,30	0,32
FLOOR	< 0,30	0,22	0,22
WINDOW	< 2	1,89	-

5.2. Edificio construido, 176 viviendas de calificación A+: Ensayo envolvente

- Envolvente:
 - Cubierta

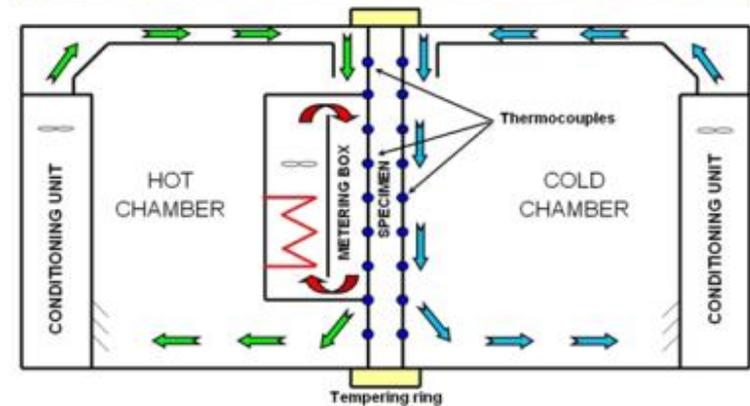
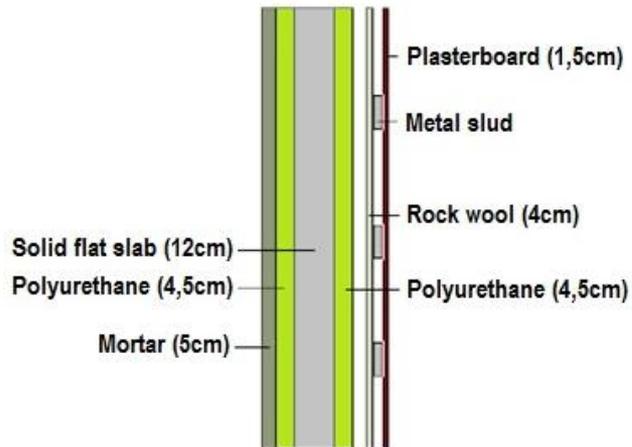
- Ensayo de laboratorio:

UNE-EN ISO 8990:1997

$$R_{\text{test}} = 5,40 \text{ [m}^2\text{K/W]}$$

$$U_{\text{roof}} = 0,18 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

PROPOSED SOLUTION



PROPOSAL < 0,24 W/m²k

5.2. Edificio construido, 176 viviendas de calificación A+: Ensayo envolvente

- Cubierta:

- Ensayo in-situ:

ISO 9869:1998

PROPOSAL < 0,24 W/m²k

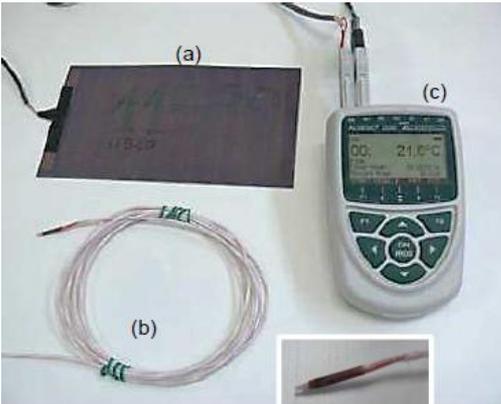
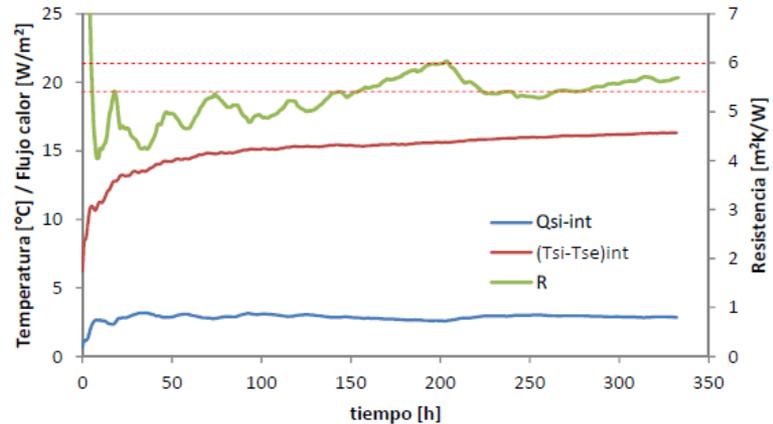
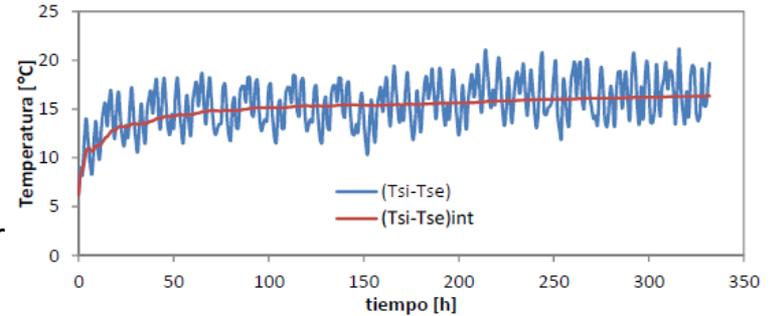
R_{test} = 5,21 [m²K/W]

U_{roof} = 0,19 [W/m²K]



Used tools

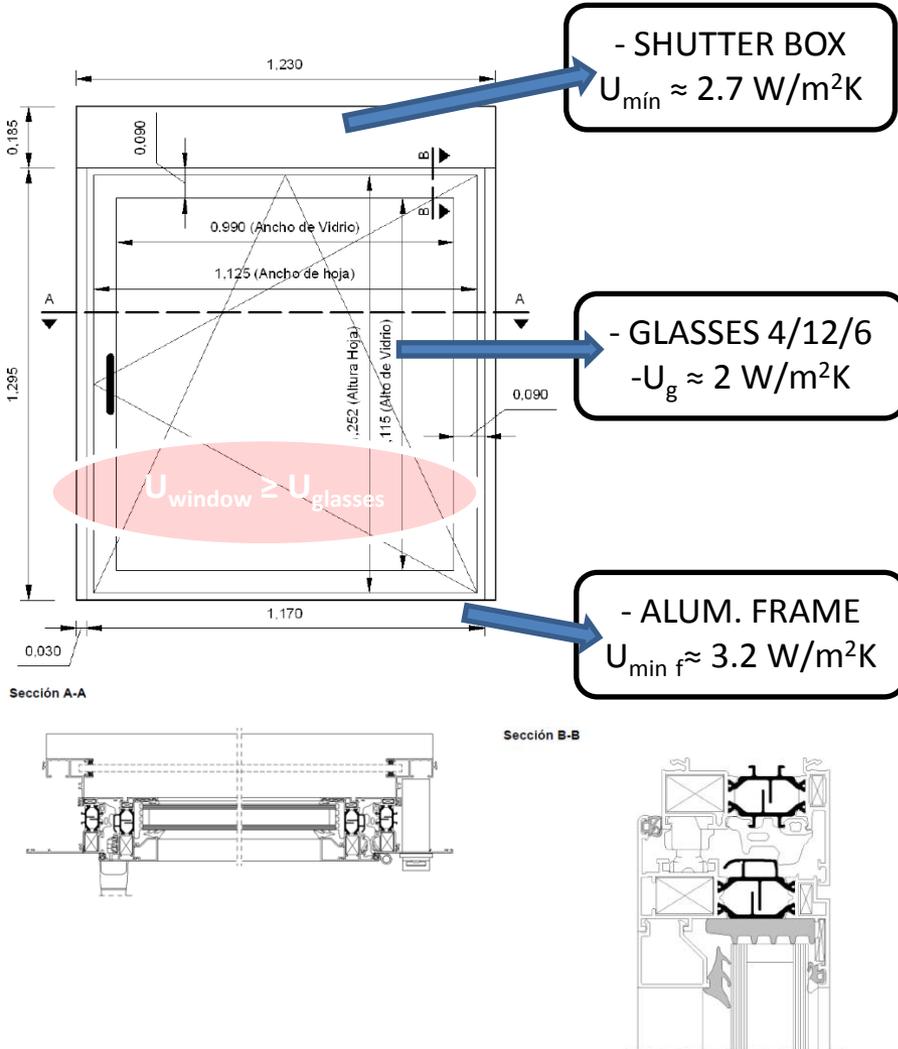
- Heat-flux meter
- T. sensor
- Data logger



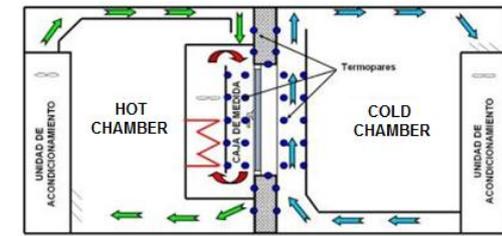
5.2. Edificio construido, 176 viviendas de calificación A+: Ensayo envolvente

- Ventanas: **PROPOSAL < 2,00 W/m²K**

- Ensayos: **UNE-EN ISO 12567-1:2001**



$U_{\text{window test}} = 1,89 \text{ [W/m}^2\text{K]}$



5.2. Edificio construido, 176 viviendas de calificación A+: Ensayo ventilación

- Estanqueidad: Puerta ventilador, infiltraciones.

UNE EN 13829:2002

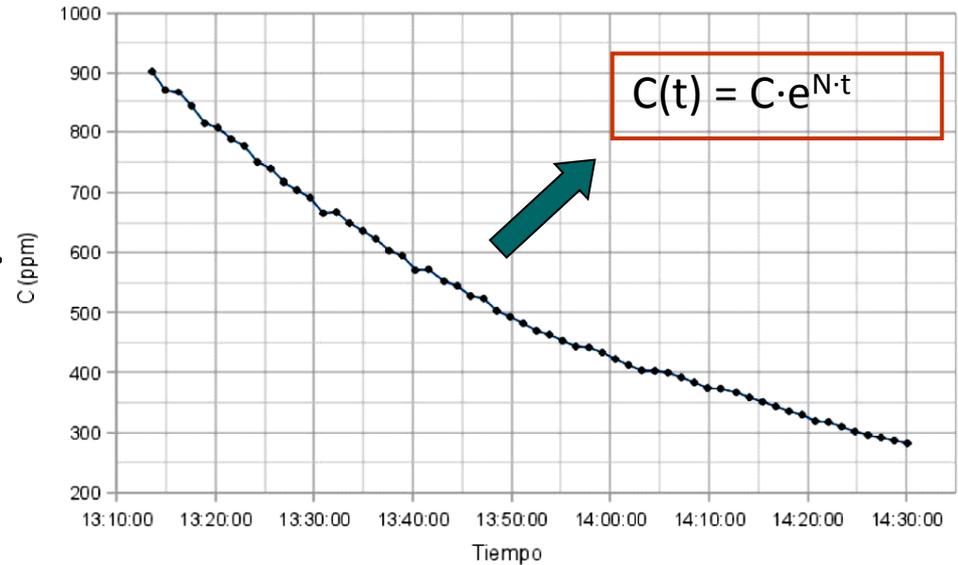
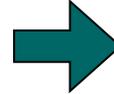
$$N_{50} = 2,01 \text{ [1/h]}$$



5.2. Edificio construido, 176 viviendas de calificación A+: Ensayo ventilación

- Calidad de la ventilación: Ensayo de gases trazadores, renovaciones por hora

EN ISO 12569:2012



- Medidas complementarias:

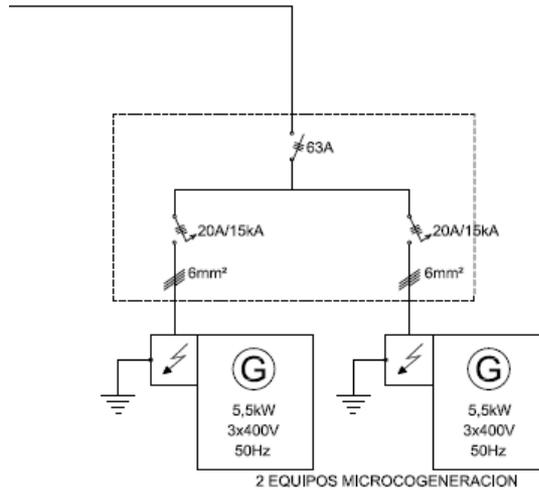


5.2. Edificio construido, 176 viviendas de calificación A+: Producción PV

- PostCALENER + COGEN



176 SALBURUA



Emissions reduction	
Original emissions	6,30 kCO ₂ /m ² *year
PostCog emissions	4,78 kCO ₂ /m ² *year

Datos del proyecto

Provincia	Alava	Superficie útil calefactada	1529 m ²
Ciudad	Vitoria-Gasteiz		
Tipo edificio	Bloque		
Zona Climatica (HE1)	D1		

Sistema de Cogeneración

Tipo de equipo	Genérico	Modelo	Genérico
Potencia Elec. Equipo	5,5 kW	Nº Equipos	2
Potencia Elec. Total	11 kW	Condensación	Sí
Volumen de inercia	3 m ³	Combustible	Gas natural
Volumen de ACS	3 m ³		

Sistema de apoyo

Tipo	Caldera convencional	Combustible	Gas natural
------	----------------------	-------------	-------------

Demandas de Calefacción y ACS

Fichero de demandas	176salburua_sistema3_DH.csv		
Demanda de Calefacción	654.953 kWh/año	428,35 kWh/m ² .año	97,0%
Demanda de ACS	19.918 kWh/año	13,03 kWh/m ² .año	3,0%

Ahorro	88.984 kgCO ₂ /año	-41% respecto a referencia
--------	-------------------------------	----------------------------

Consumos de Energia Final Equivalentes			
Calefacción	598.941 kWh	ACS	18.215 kWh

5.2. Edificio construido, 176 viviendas de calificación A+: Producción PV

- 226 paneles PV

PV Estimation
Monthly radiation
Daily radiation
Stand-alone PV

Performance of Grid-connected PV

Radiation database: Climate-SAF PVGIS [\[What is this?\]](#)

PV technology: Unknown/Other

Installed peak PV power 58.688 kWp

Estimated system losses [0;100] 14 %

Fixed mounting options:

Mounting position: Free-standing

Slope [0;90] 60 ° Optimize slope

Azimuth [-180;180] 180 ° Also optimize azimuth

(Azimuth angle from -180 to 180, East=-90, South=0)

Tracking options:

Vertical axis Slope [0;90] 0 ° Optimize

Inclined axis Slope [0;90] 0 ° Optimize

2-axis tracking

Horizon file Examinar... No se ha seleccionado ningún archivo.

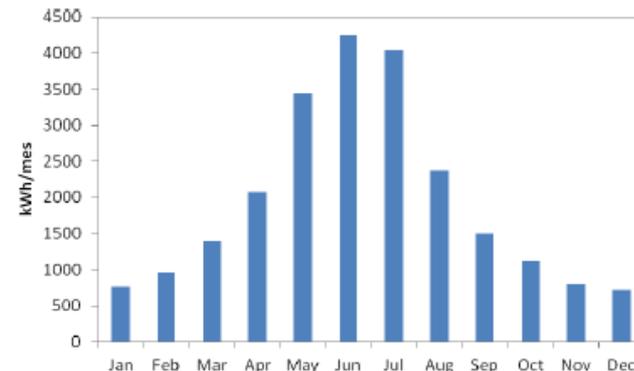
Output options

Show graphs Show horizon

Web page Text file PDF

Calculate
[\[help\]](#)

Fixed system: inclination=60°, orientation=180°				
Month	E _d	E _m	H _d	H _m
Jan	24.5	761	0.56	17.3
Feb	34.4	962	0.78	21.9
Mar	45	1400	1.02	31.8
Apr	69.3	2080	1.65	49.4
May	111	3440	2.75	85.3
Jun	142	4250	3.45	103
Jul	130	4040	3.25	101
Aug	76.8	2380	1.95	60.4
Sep	49.9	1500	1.14	34.2
Oct	36.5	1130	0.83	25.7
Nov	26.9	808	0.61	18.4
Dec	23.1	717	0.53	16.3
Yearly average	64.3	1950	1.55	47.1
Total for year	23500		565	



Emissions reduction	
Original emissions	4,78 kCO₂/m²*año
Final emissions	4,17 kCO₂/m²*año

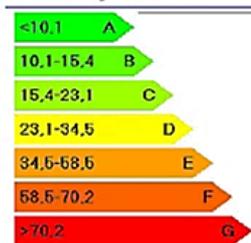
5.2. 176 viviendas de calificación A+

- **Características:**
 - Edificio de 176 VPO en Vitoria-Gasteiz.
 - Fachadas: U_f **0,30 W/m²K** (in situ: 0,32 W/m²K)
 - Cubierta y suelo: $U_{\text{cub./suelo}}$ **0,19 W/m²K**
 - Ventanas: U_{ventana} **1,89 W/m²K** (vidrios: 1,16 W/m²K)
 - Estanqueidad: n_{50} **2 h⁻¹**.
 - Ventilación: **85% recuperación de calor**
- **Cogeneración:** 11 kW eléctricos
 - Red. consumo **1,1 kWh/m²a**
 - Red. emisiones 0,62 kg CO₂/m²a
- **Fotovoltaica:** 226 paneles PV
 - Red. consumo **1,8 kWh/m²a**
 - Red. emisiones 0,61 kg CO₂/m²

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA A⁺⁺

Consumo ener. final: **17,5 kWh/m²a**
Emisiones: **2,9 kg CO₂/m²a**

Certificación Energética de Edificios
Indicador kgCO₂/m²



Edificio Objeto

2,9 A



5.3. Vivienda bifamiliar Passivhaus, nueva/rehabilitada

5.3. Vivienda bifamiliar Passivhaus, nueva/rehabilitada

- Ensayo de Puerta ventilador antes de trasdosar la envolvente.
 - Termografía infrarroja activa.

Parámetro	Valor
Volumen interno (m ³)	533,5
Superficie útil (m ²)	152,4
Envolvente (m ²)	372,05

	Variable	Valor
Condiciones interiores	Temperatura Aire (°C)	15,7
	Humedad relativa (%)	69,2
Condiciones exteriores	Temperatura Aire (°C)	12,7
	Humedad relativa (%)	67,2
	Velocidad viento (km/h)	31,4
	Presión (mbar)	1015

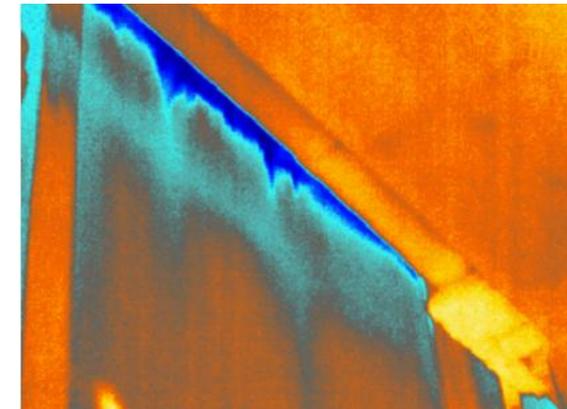
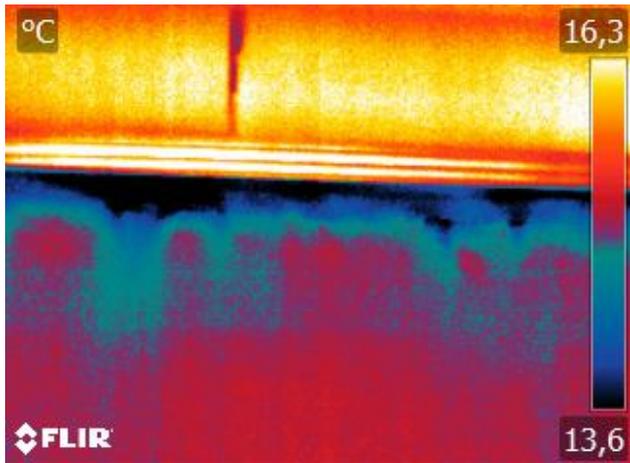
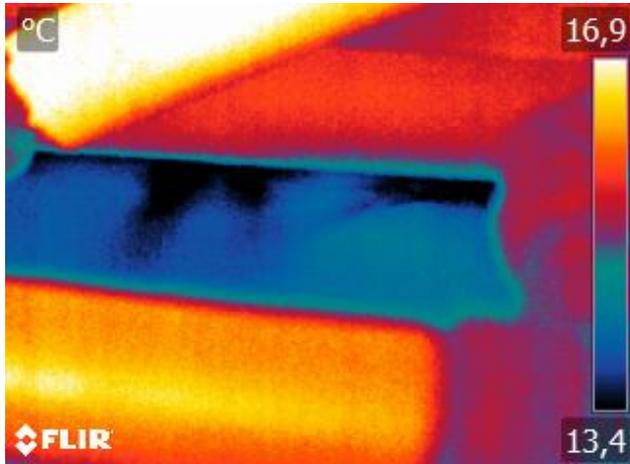


Ensayo 1	n ₅₀ [1/h]
Depresurización	1,08
Presurización	1,08
Promedio	1,08

Valor inicial insuficiente: Detección de fugas

5.3. Vivienda bifamiliar Passivhaus, nueva/rehabilitada

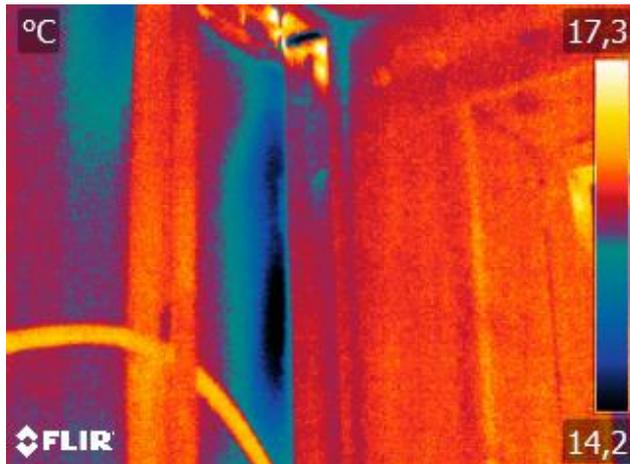
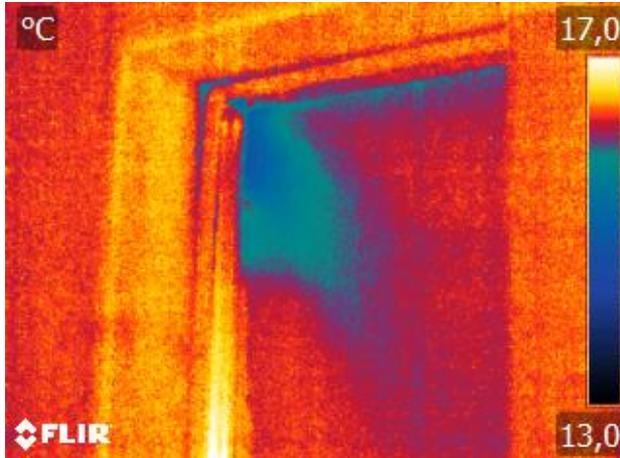
- Principales fugas detectadas:



Uniones entre forjado y muro existente de difícil acceso, posibles entradas de aire.

5.3. Vivienda bifamiliar Passivhaus, nueva/rehabilitada

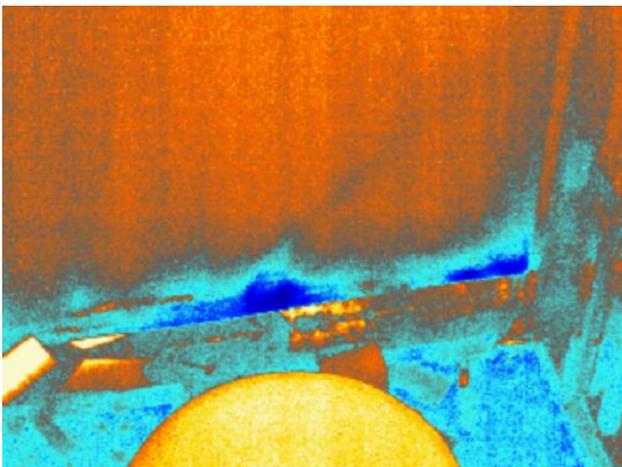
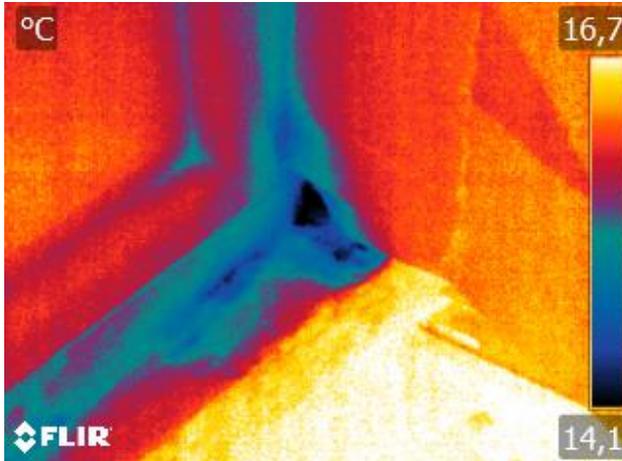
- Principales fugas detectadas:



Enlucidos de yeso incompletos en lugares poco accesibles, posibles entradas de aire.

5.3. Vivienda bifamiliar Passivhaus, nueva/rehabilitada

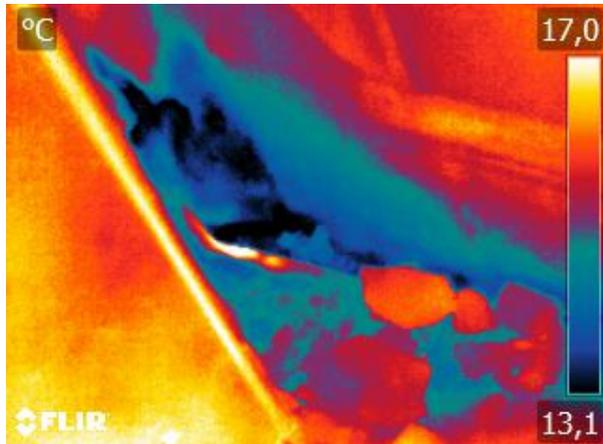
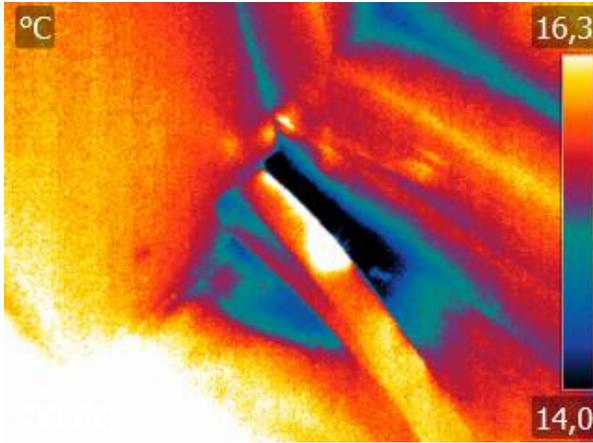
- Principales fugas detectadas:



Cintas de estanqueidad, errores en pegado o roturas en obra, posibles entradas de aire.

5.3. Vivienda bifamiliar Passivhaus, nueva/rehabilitada

- Principales fugas detectadas:

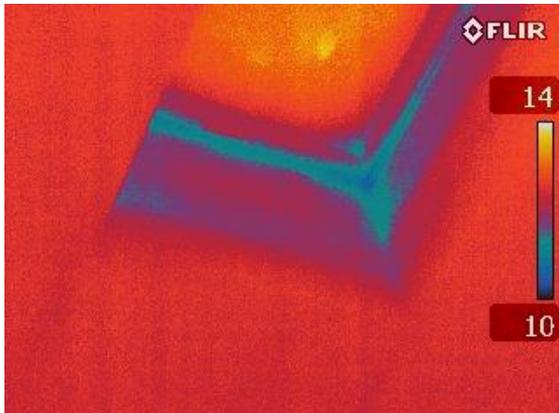
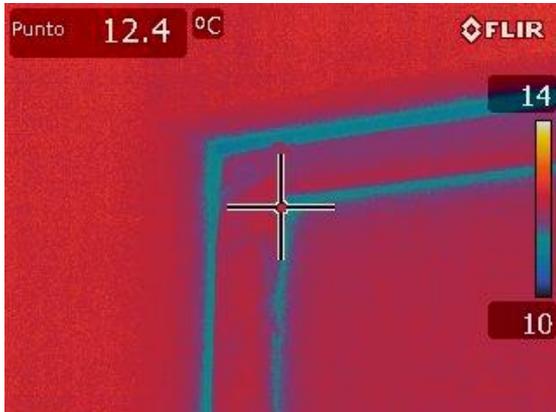


Cintas de estanqueidad, el trasdosado oculta rotura de cintas, posibles entradas de aire.

5.3. Vivienda bifamiliar Passivhaus, nueva/rehabilitada

- Tras la correcta solución de todas las fugas, se repite el ensayo.

No se observan entradas de aire.



Ensayo	n_{50} [1/h]
Depresurización	0,56
Presurización	0,58
Promedio	0,57

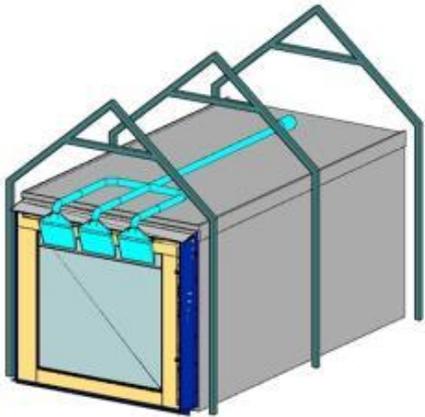
6. Conclusiones.



- Repaso de los principales factores en la mejora de la Eficiencia Energética de edificios.

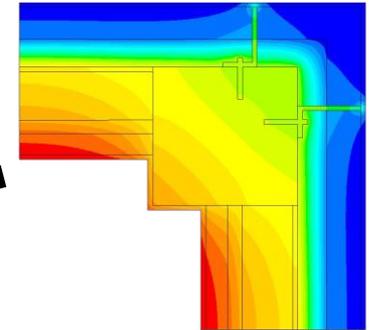
6. Conclusiones

Caracterización
ENVOLVENTE ACTIVA



Caracterización
SISTEMAS ENERGÉTICOS

Caracterización de los
PUENTES TÉRMICOS

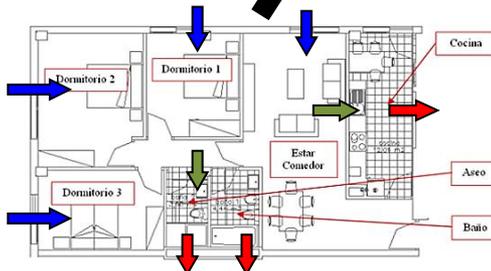


Buen diseño
energético del
edificio

Caracterización
ENVOLVENTE



Caracterización
VENTILACIÓN



Juan María Hidalgo Betanzos
Grupo ENEDI de la Universidad del País Vasco UPV/EHU

Eskerrik asko - Muchas gracias



termica@euskadi.eus

Juanmaria.hidalgo@ehu.eus



www.euskadi.net/LCCE

www.es.linkedin.com/in/juanmariahidalgo

 emeri ta zabal azzu Universidad del País Vasco	 Euskal Herriko Unibertsitatea	 EUSKO JAURLARITZA ENPLEGU ETA GIZARTE POLITIKETAKO SAILA	 GOBIERNO VASCO DEPARTAMENTO DE EMPLEO Y POLÍTICAS SOCIALES	 en9di Grupo de Energética en la Edificación Máquinas y Motores Térmicos UPV/EHU
TERMIKA ARLOA EUSKO JAULARITZAKO ETXEGINTZAREN KALITATEA KONTROLATZEKO LABORATEGIA		AREA TERMICA LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD EN LA EDIFICACION DEL GOBIERNO VASCO		



Área Térmica del Laboratorio de Control de Calidad en la Edificación del Gobierno Vasco.