

LIFE EcoTimberCell

Webinario EcoTimberCell

Bloque II: Madera frente
al cambio climático

Madera y Passivhaus

Leonardo Llamas Álvarez

27 de octubre 2021 / Online



Con la contribución del
instrumento financiero
LIFE de la Unión Europea



LIFE
EcoTimberCell



El sol como fuente de energía

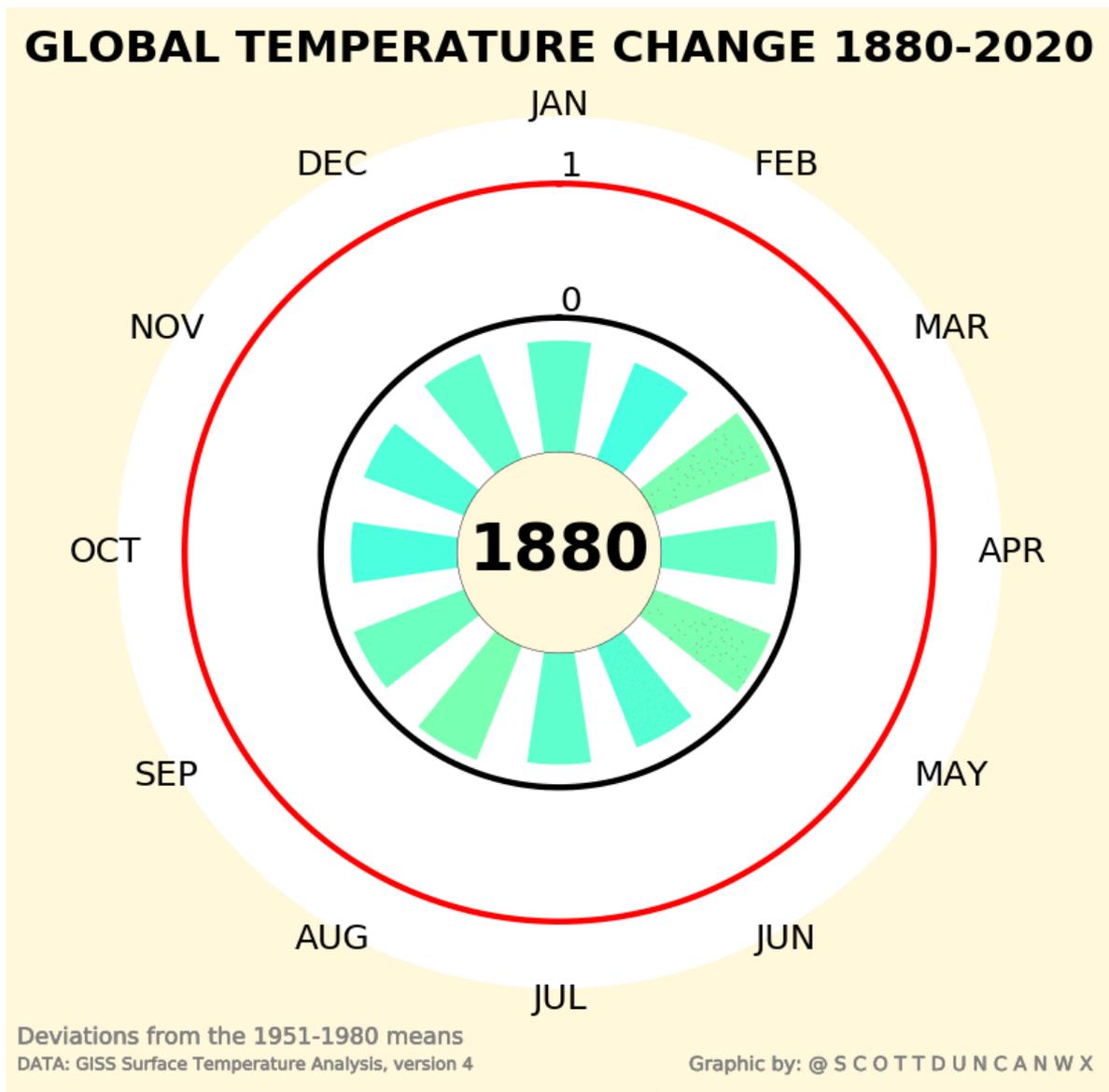


Madera y Passivhaus

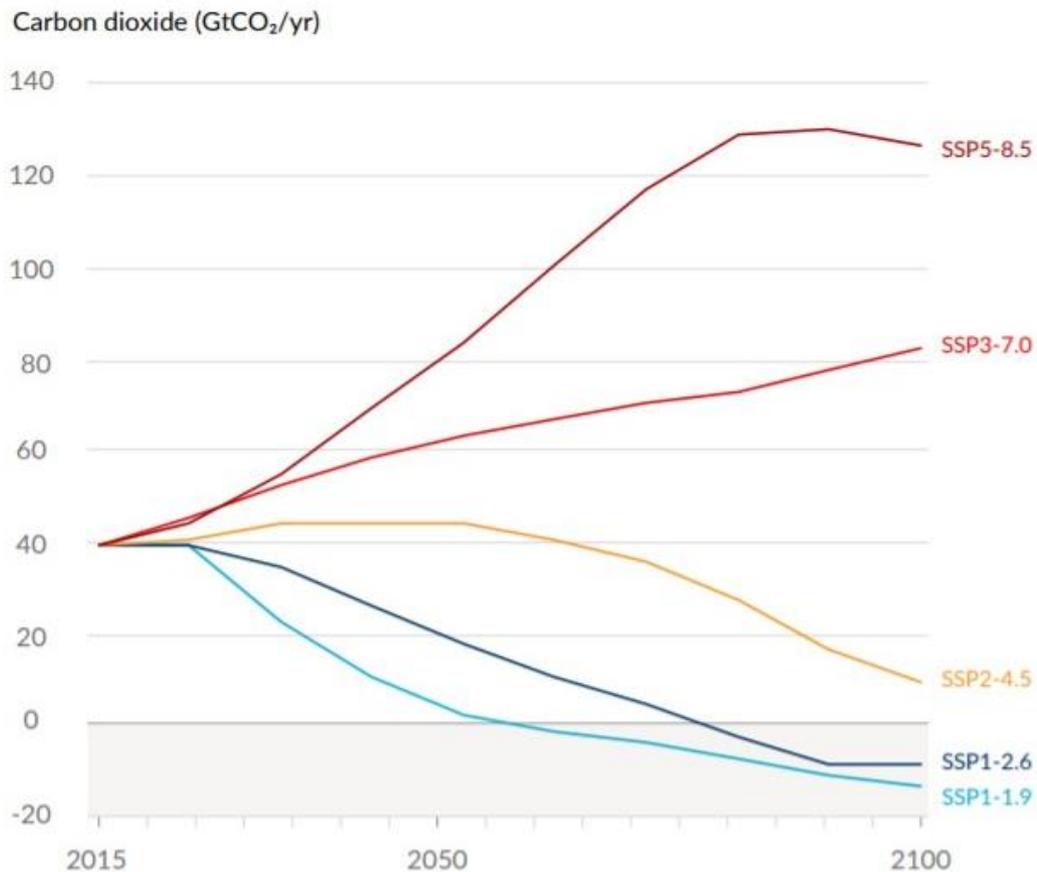
SOSTENIBILIDAD

Explotación de un recurso por debajo del límite de renovación del mismo.

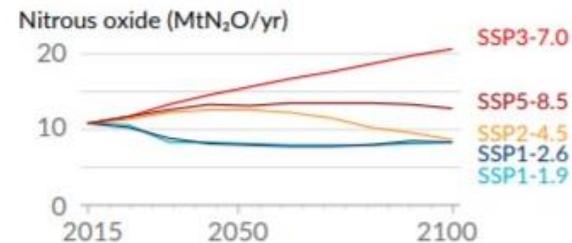
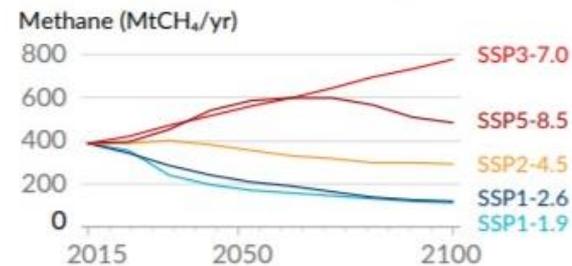




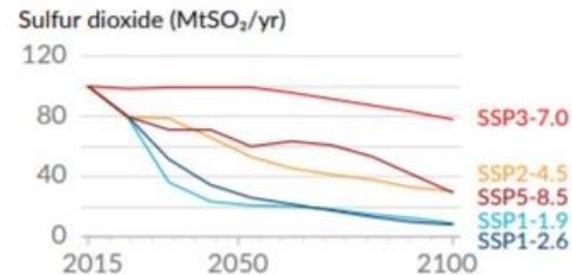
Futuro de emisiones anuales de CO₂ y otros gases de efecto invernadero



Selected contributors to non-CO₂ GHGs



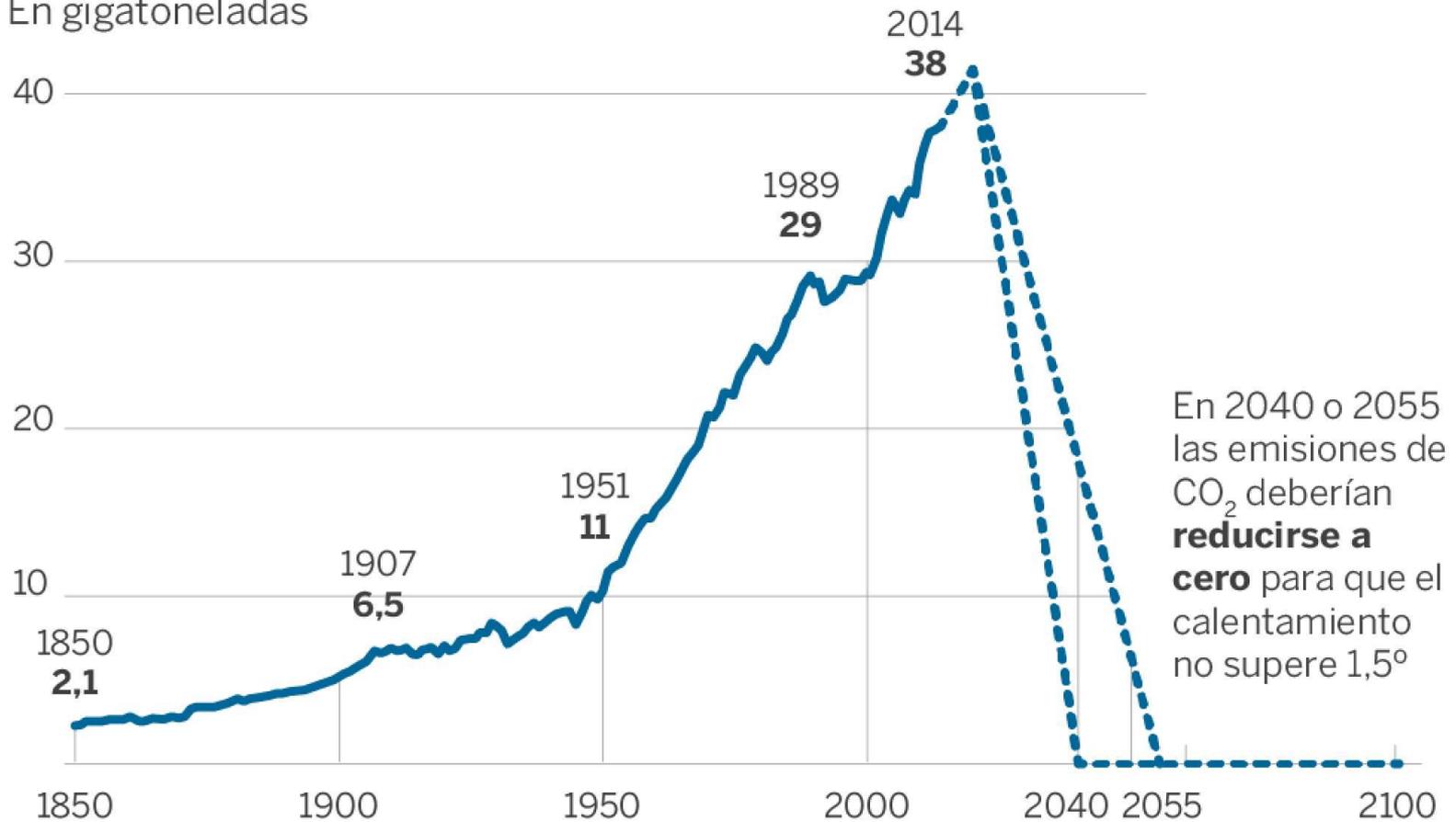
One air pollutant and contributor to aerosols



Fuente: IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change

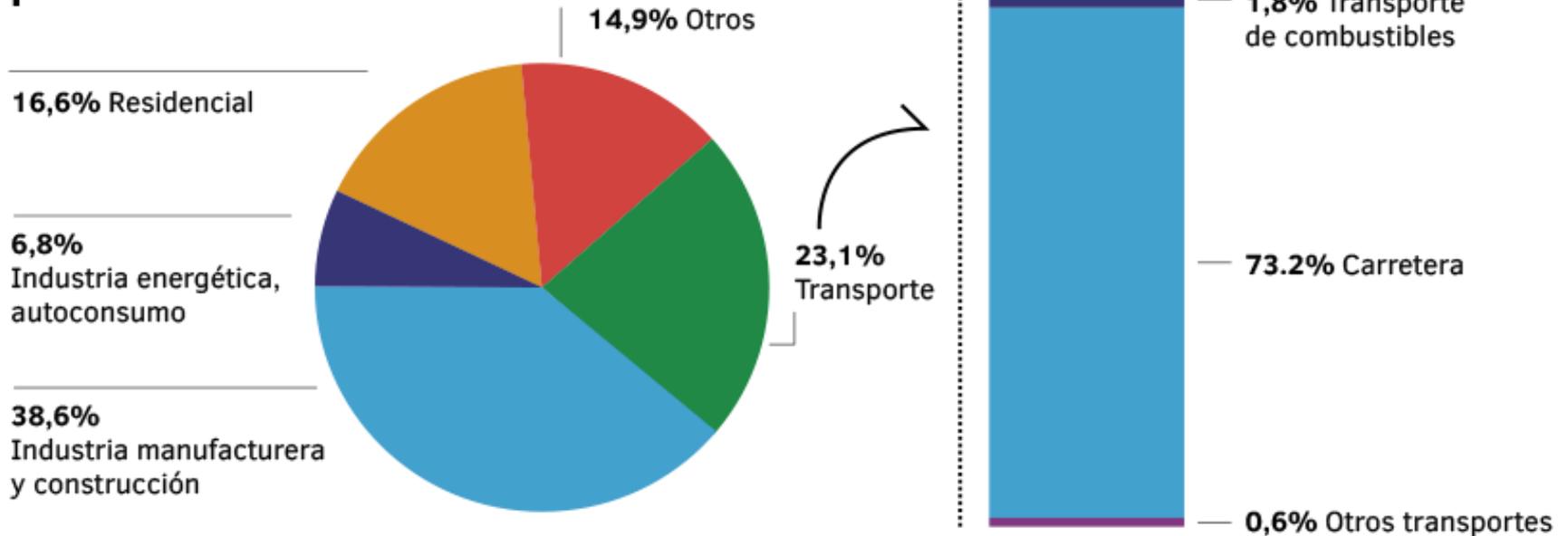
EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES DE CO₂

En gigatoneladas



Fuente: IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change

Emisiones de CO₂ derivadas del consumo de combustible por sectores



Fuente: IEA – International Energy Agency

¿Qué es el Passivhaus?

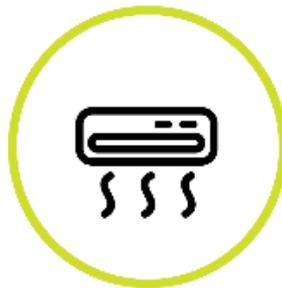
Passivhaus es un **concepto basado en el método científico y objetivo** basado en un concepto extremadamente simple: nadie está interesado en el uso descontrolado de energía y recursos como fin último. En contraposición, a todo usuario le interesa un buen resultado y confort asequible al consumo que implica un edificio.

El consumo de energía en un edificio pasivo se reduce con medidas pasivas hasta un nivel tan bajo que no casi no necesita calefacción, refrigeración y deshumidificación para conseguir las condiciones predeterminadas higrotérmicas y confortables.



DEMANDA DE
CALEFACCIÓN

< 15 kWh/(m²a)



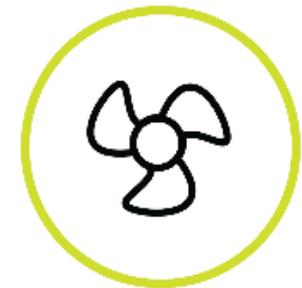
DEMANDA DE
REFRIGERACIÓN

< 15 kWh/(m²a)



DEMANDA EN
ENERGÍA PRIMARIA

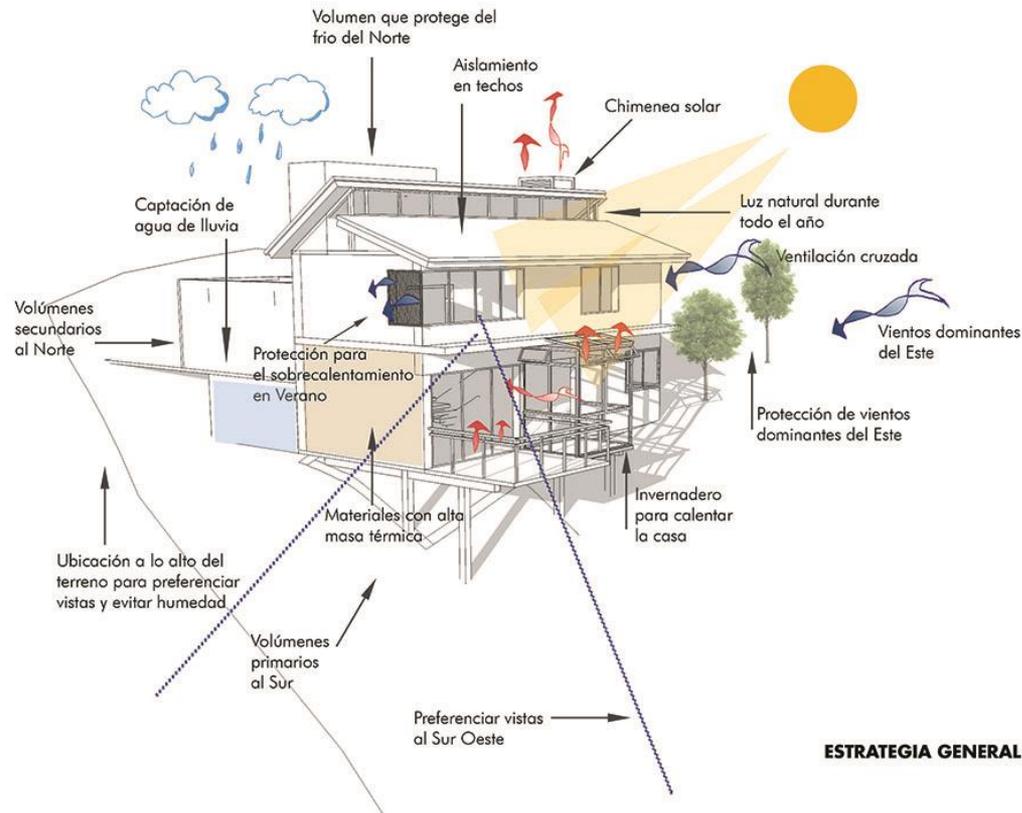
< 120 kWh/(m²a)
(calefacción, agua caliente
y electricidad)



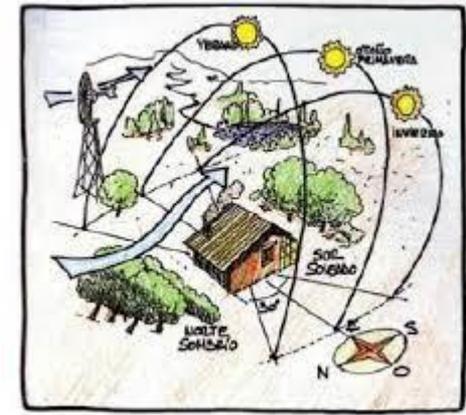
ESTANQUEIDAD

< 0.6 renovaciones de aire
por hora (valor de
estanqueidad 50 Pa)

¿Qué es el Passivhaus?

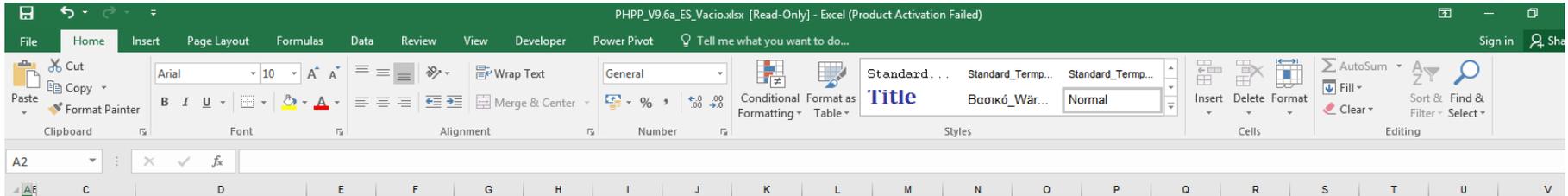


Fuente: Universidad del Medio Ambiente, México



Fuente: Ecohabitar
Fuente: Ecohabitar

¿Qué es el Passivhaus?



Selección de los datos climáticos

País: **DE-Alemania**

Región: **Todas**

Datos climáticos: **1-Sortierung: Alphabetisch**

Datos climáticos: **DE-9999-PHPP-Standard**

Zona climática: **3: Fría-templada**

Altitud:

Estación climática: m

Ubicación del edificio: m

Visión general de los resultados

Demanda de calefacción: kWh/(m²a)

Carga de calefacción: W/m²

Frecuencia sobrecalentamiento: %

Refrigeración sensible: kWh/(m²a)

Refrigeración latente: kWh/(m²a)

Carga de refrigeración: W/m²

Demanda PER: kWh/(m²a)

Datos para calefacción

Método anual	Calefacción	Refrigeración
Periodo calef. / refrig.	219	0
Grados hora calef. / refrig.	82	0
Radiación Norte	129	0
Radiación Este	212	0
Radiación Sur	359	0
Radiación Oeste	221	0
Radiación Horizontal	339	0

Datos método mensual

Calefacción	Refrigeración
d/a	
kWh/(m²a)	

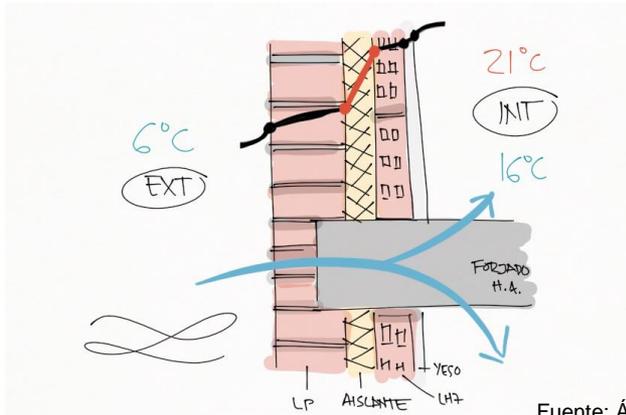
Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Carga de calefacción		Carga de refrigeración		PER factores	
Días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	Sit. met.1	Sit. met.2	Sit. met.1	Sit. met.2		
DE-9999-PHPP-Standard	Latitud *	51,3	Longitud *	9,4	Altitud [m]	Fluctuación diaria temperatura en verano [K]						Radiación: [W/m²]		Radiación: [W/m²]				
* C	Temperatura exterior	0,4	1,3	4,4	8,4	12,9	16,3	17,6	17,0	13,9	9,4	4,7	1,6	-10,6	-1,2	24,0	24,0	1,30
kWh/(m²mes)	Radiación Norte	10	15	26	37	50	55	55	44	30	18	10	7	10	5	100	100	1,30
kWh/(m²mes)	Radiación Este	13	26	41	67	83	81	83	75	52	32	15	9	30	5	180	180	1,80
kWh/(m²mes)	Radiación Sur	29	59	66	83	85	76	80	86	80	63	32	21	90	10	200	200	1,10
kWh/(m²mes)	Radiación Oeste	14	28	44	66	82	80	83	73	55	34	16	10	35	5	180	180	1,15
kWh/(m²mes)	Radiación Horizontal	21	40	65	108	142	141	144	126	87	50	23	15	40	10	330	330	
* C	Punto de Rocio	-2,1	-2,0	0,9	3,2	7,7	11,0	12,8	12,9	10,2	6,3	1,9	-0,5			15,9	15,9	
* C	Temperatura del cielo	-9,7	-9,5	-5,4	-2,0	4,3	8,8	11,2	11,4	7,8	2,3	-3,9	-7,4			13,1	15,9	
* C	Temperatura terreno	0,4	1,3	4,4	8,4	12,9	16,3	17,6	17,0	13,9	9,4	4,7	1,6	0,4	0,4	17,6	17,6	
Comentario: Repräsentiert typische Verhältnisse in Mitteleuropa. Geeignet für eine standortunabhängige energetische Bewertung in Deutschland.																		

Datos determinados por el usuario: completar las celdas amarillas

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Carga calef. °C o W/m²	Carga refrig. °C o W/m²	-		
Muster	Latitud *	50,2	Longitud *	8,3	Altitud [m]	112	Nombre de la localidad	Muster	ΔTVerano [K]	5,7	Fuente	Beispieldaten satz PHI	Carga-C-1	Carga-C-2	Carga-R-1	Carga-R-2	PER
* C	Temperatura exterior	0,9	2	5,3	8,4	16,2	16,7	18,7	14,7	11	5,9	1,7	-6,0	-2,0	25,1	25,1	1,3
kWh/(m²mes)	Radiación Norte	9,0	15,0	23,0	41,0	56,0	50,0	49,0	31,0	21,0	11,0	7,0	10	5	104	104	1,3
kWh/(m²mes)	Radiación Este	14,0	21,0	31,0	55,0	106,0	72,0	78,0	50,0	35,0	17,0	12,0	15	5	185	185	1,8
kWh/(m²mes)	Radiación Sur	30,0	33,0	39,0	61,0	101,0	66,0	72,0	67,0	60,0	28,0	27,0	50	10	208	208	1,1
kWh/(m²mes)	Radiación Oeste	14,0	19,0	30,0	52,0	102,0	72,0	82,0	49,0	36,0	14,0	11,0	15	5	207	207	1,2
kWh/(m²mes)	Radiación Horizontal	23,0	34,0	52,0	97,0	195,0	137,0	148,0	140,0	88,0	60,0	25,0	20	5	347	347	

Estrategias bioclimáticas vs passivhaus

1. Orientación del edificio – transformación de la radiación solar en calor
2. Compacidad
3. Control solar
4. Ventilación natural
5. **Aislamiento térmico e inercia**
6. Sistemas de almacenamiento o liberación de calor



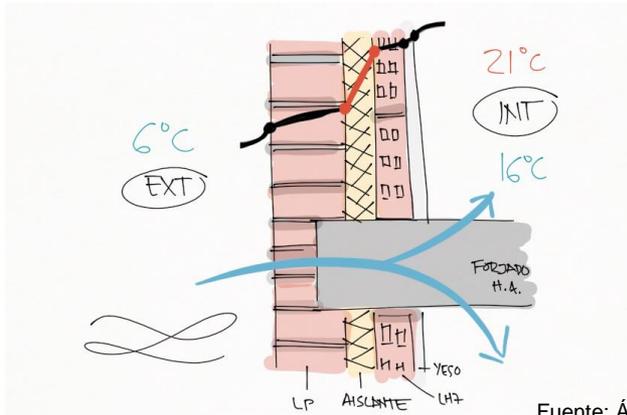
Fuente: Ángel Sánchez Inocencio



1. Ventanas de altas prestaciones
2. Hermeticidad
3. Ventilación mecánica con recuperador de calor
4. Ausencia de puentes térmicos

Estrategias bioclimáticas vs passivhaus

1. Orientación del edificio – transformación de la radiación solar en calor
2. Compacidad
3. **Control solar**
4. Ventilación natural
5. **Aislamiento térmico e inercia**
6. Sistemas de almacenamiento o liberación de calor



Fuente: Ángel Sánchez Inocencio



1. **Ventanas de altas prestaciones**
2. **Hermeticidad**
3. Ventilación mecánica con recuperador de calor
4. **Ausencia de puentes térmicos**

¿Por qué construir bajo Passivhaus?

1. Ahorro de energía y dinero, hasta un 80%.
2. Niveles higroscópicos de energía bajo límites del confort (ASHRAE55 – EN7730).
3. Niveles de salubridad altos.
4. Evitación de defectos y patologías que propician la aparición de mohos.
5. Optimización de costes en el ciclo de vida.
6. Minimización de hipoteca energética.
7. Minimización de daños ambientales.

Condiciones interiores de confort higrotérmico		
	Temperatura operativa	Humedad relativa
Verano	23° – 25° (26°)	45% - 60%
Invierno	21° (20) - 24°	40% - 50%

¿Por qué construir con madera?

1. Natural, orgánico y biodegradable.
2. Rapidez y facilidad en la construcción.
3. Belleza.
4. Adaptabilidad.
5. Durabilidad.
6. Uniones ausentes de puentes térmicos.
7. Aislantes termoacústico.
8. Resistencia sísmica.



Fuente: Edificio Passivhaus

Madera y Passivhaus, la armonía perfecta.

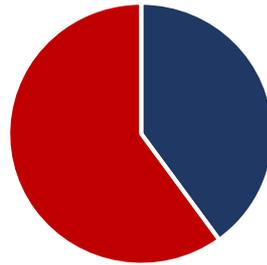
1. Reducción de energía en la construcción y en la vida útil del edificio.
2. Definición exhaustiva de los detalles constructivos.
3. Durabilidad – Calidad de ejecución.
4. Hermeticidad al aire.
5. Control de humedad – transpirabilidad.
6. Ausencia de puentes térmicos.
7. Aislamientos.
8. Ventanas de altas prestaciones.



Fuente: Edificio Passivhaus

Reducción de energía

Emisiones de CO2



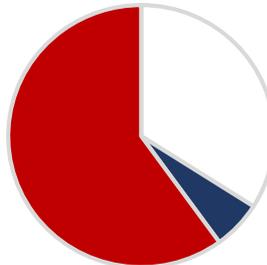
■ Viviendas ■ Otros

Viviendas responsables del 40% de las emisiones de CO₂

DEMANDA PASSIVHAUS 15KWH/M2 AÑO

Aproximadamente el 10-20% de la demanda media del parque de viviendas existente.

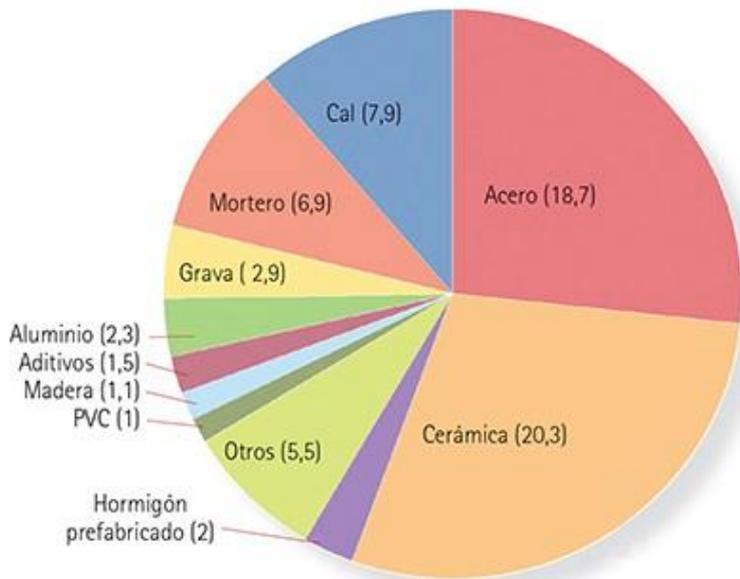
Emisiones de CO2



□ Margen de mejora ■ Viviendas Passivhaus ■ Otros

Margen de mejora brutal si construimos y rehabilitamos bajo estándar Passivhaus

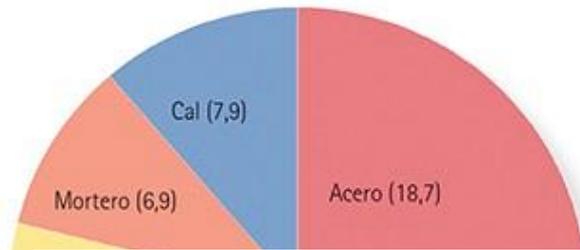
Reducción de energía madera



Etapa	Incluído
Producción del edificio	Materias primas
Transporte	
Fabricación	
Construcción del edificio	Transporte
Uso del edificio	Mantenimiento
Consumo de energía final	
Consumo de agua	
Reparación y reemplazo	
Rehabilitación	
Disposición final del edificio	Deconstrucción
Transporte	
Reciclado	
Disposición final en vertedero	

Reducción de energía madera + passivhaus

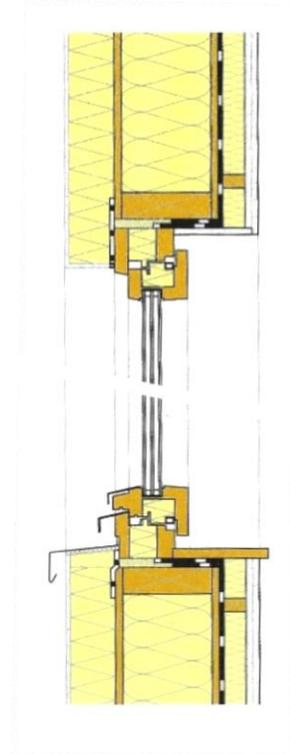
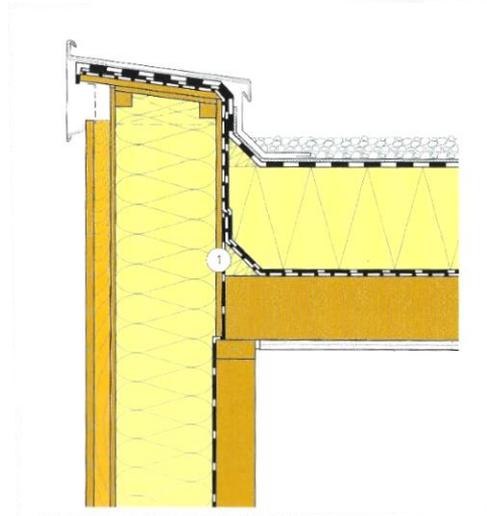
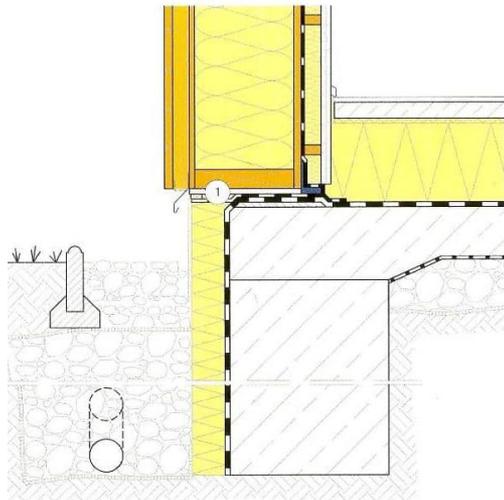
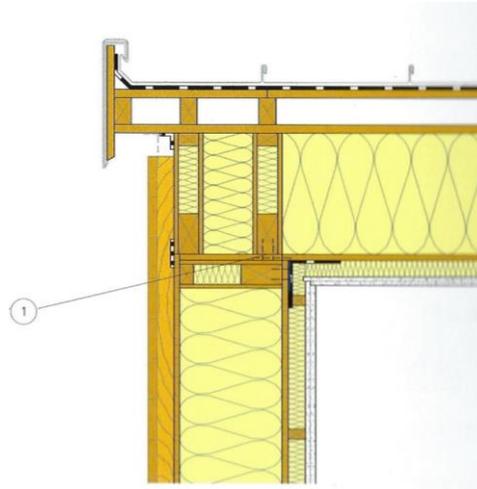
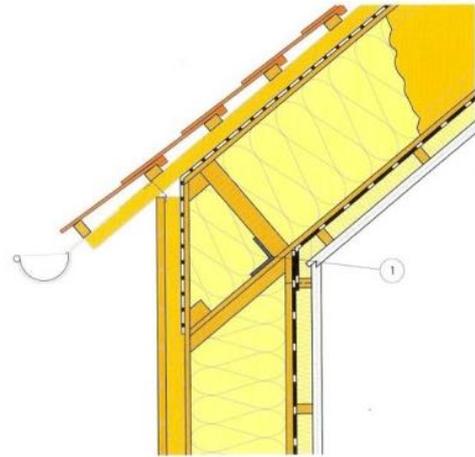
Etapa	Incluído
Producción del edificio	Materias primas
Transporte	
Fabricación	
Construcción del edificio	Transporte
Uso del edificio	Mantenimiento



Valores específicos del edificio con referencia a la superficie de referencia energética				Criterios alternativos		¿Cumplido? ²	
Categoría	Parámetro	Unidad	Valor	Criterio	Valor		
Calefacción	Superficie de referencia energética	m ²	1158,1				
	Demanda de calefacción	kWh/(m ² a)	13	≤	15	-	Sí
	Carga de calefacción	W/m ²	9	≤	-	10	Sí
Refrigeración	Demanda refrigeración & deshum.	kWh/(m ² a)	5	≤	15	15	Sí
	Carga de refrigeración	W/m ²	6	≤	-	10	Sí
	Frecuencia de sobrecalentamiento (> 25 °C)	%	-	≤	-	-	-
	Frecuencia excesivamente alta humedad (> 12 g/kg)	%	0	≤	10	-	Sí
Hermeticidad	Resultado ensayo presión n ₅₀	1/h	0,4	≤	0,6	-	Sí
Energía Primaria no renovable (EP)	Demanda EP	kWh/(m ² a)	95	≤	-	-	-
Energía Primaria Renovable (PER)	Demanda PER	kWh/(m ² a)	59	≤	60	-	Sí
	Generación de Energía Renovable (en relación con área de la huella del edificio proyectado)	kWh/(m ² a)	-	≥	-	-	Sí

² Celda vacía: Falta dato; *: Sin requerimiento

Detalles constructivos



Fuente: Passivhaus Bauteilkatalog

Durabilidad – Calidad constructiva



Fuente: Edificio Passivhaus

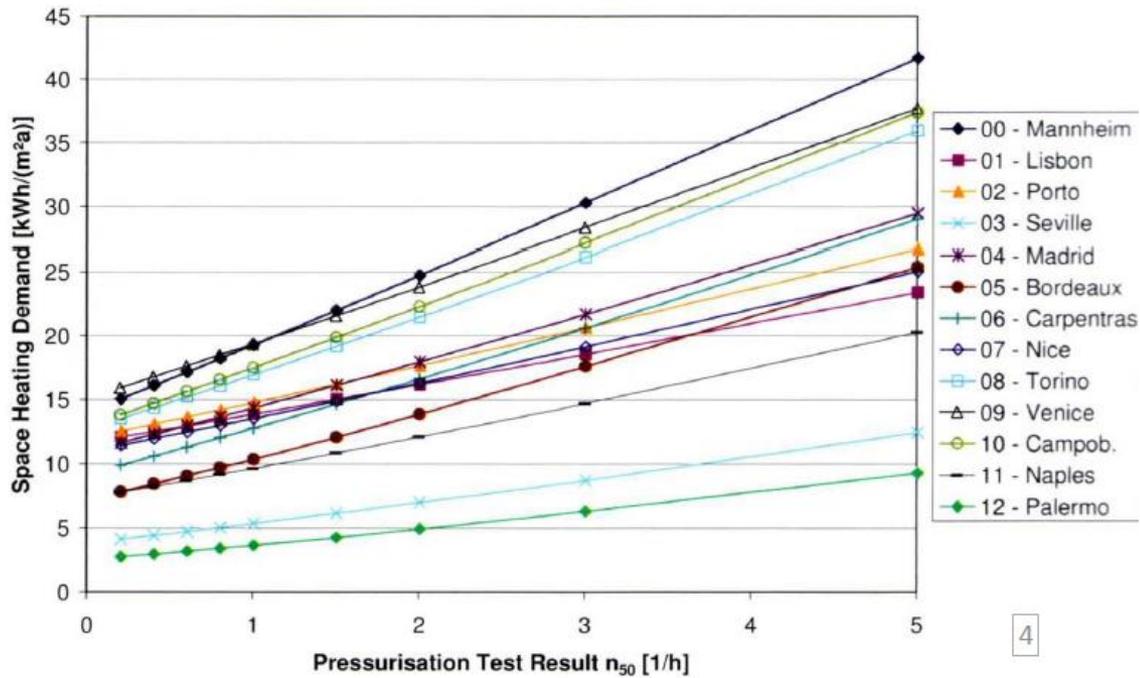
Hermeticidad al aire



Fuente: Edificio Passivhaus

Hermeticidad al aire

Relación entre demanda y hermeticidad



4



Fuente: Edificio Passivhaus

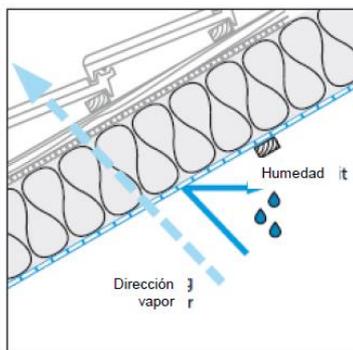
Control de humedad - transpirabilidad

En la física de construcción, la resistencia al paso de vapor de agua se mide con el valor s_d (dimensión : metros).

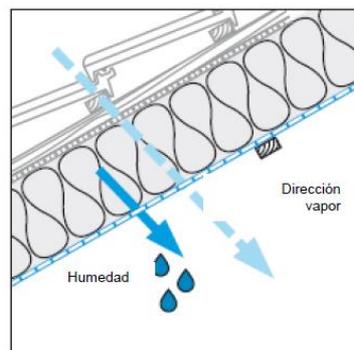
$$s_d = \text{factor } \mu * \text{espesor del material}$$

*La resistencia contra la difusión del vapor de agua se mide con el factor adimensional μ , siendo este factor para aire inmóvil =1

En climas cálidos, es recomendable proyectar frenos de vapor tipo s_d variable: En invierno con una resistencia mayor, frenando la entrada de vapor al interior de la construcción, y en verano con una resistencia menor, para dejar escapar el vapor de agua de la construcción hacia el interior.



Invierno



Verano

Fuente: pro clima

Factos μ según DIN ISO 12572

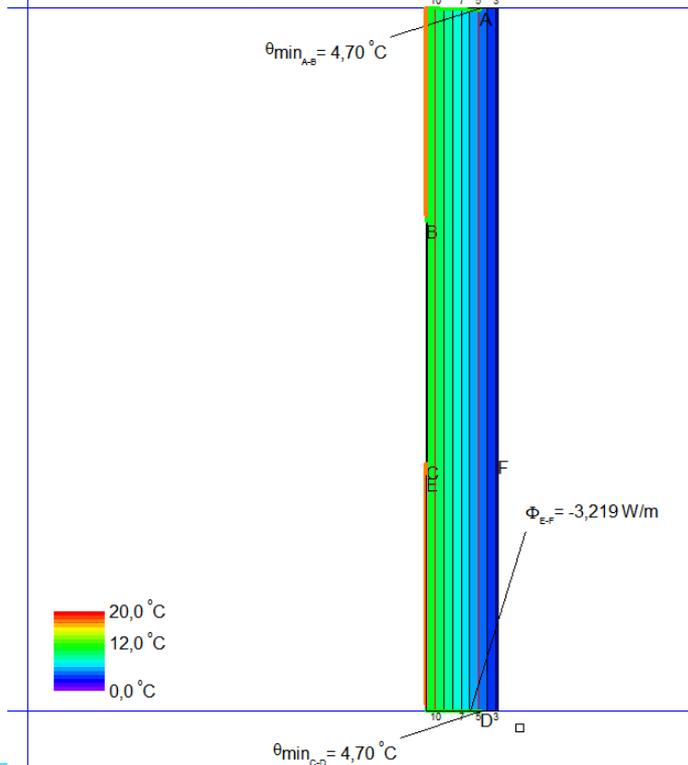
hormigón	100
PVC	50.000
Espuma PU	60
Madera	50
Polietileno	100.000
EPS	60
XPS	150
Fibra de madera	10
Lana mineral	1
Fábrica cerámica	5

Ausencia de puentes térmicos

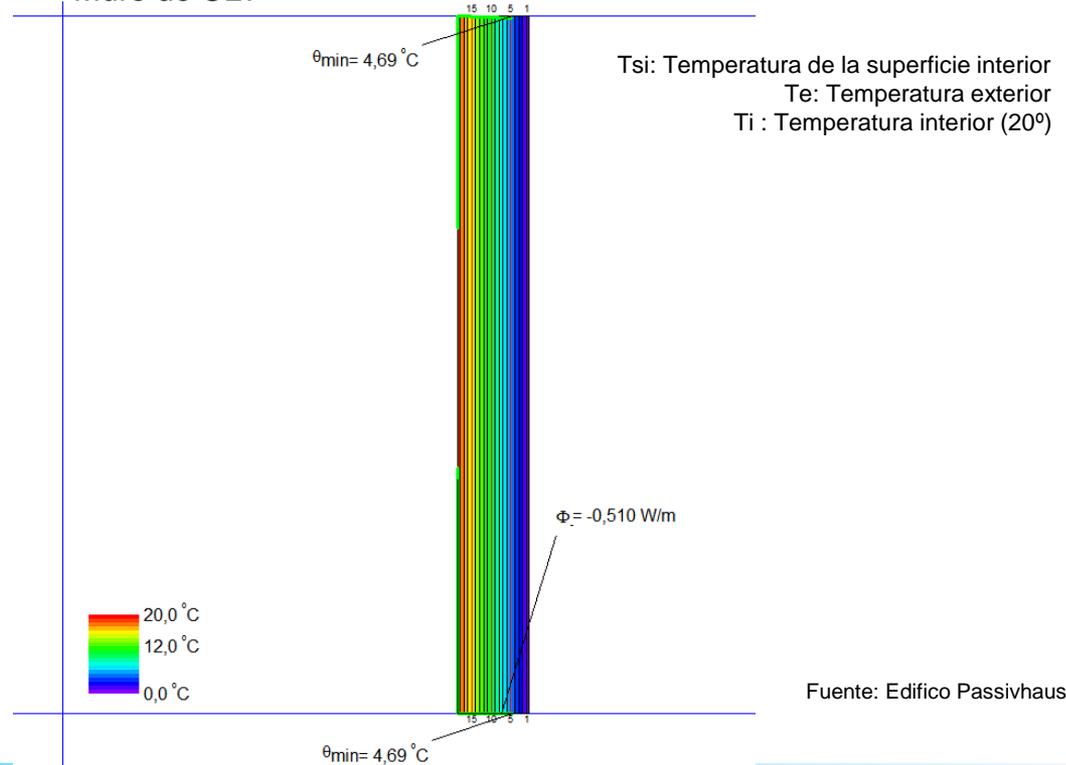
Para asegurar el confort en climas fríos, el puente térmico lineal no debería superar un valor de $0,2\text{W/mk}$, y el puente térmico puntual un valor de 1W/k .

Un edificio sin puentes térmicos es lo mismo que un edificio sin condensaciones superficiales. Para su control se controla a través del factor de temperatura interior: $fR_{si} = (T_{si} - T_e) / (T_i - T_e)$

Muro de hormigón armado



Muro de CLT



Fuente: Edificio Passivhaus

Aislamientos

- **Conductividad térmica:** Capacidad de calor (energía) que pasa a través de una unidad de superficie con caras planas y paralelas con una diferencia de temperatura de 1K.
- **Resistencia térmica** = espesor / conductividad
- **Transmitancia térmica $U = 1 / R$:** flujo de calor en régimen estacionario* dividido por el área y la diferencia de temperatura de los medios situados a cada lado del elemento. Describe las pérdidas por transmisión de un elemento constructivo.

Tabla 3.1.1.a - HE1 Valores límite de transmitancia térmica, U_{lim} [W/m²K]

Elemento	Zona climática de invierno					PH
	α	A	B	C	D	
Muros y suelos en contacto con el aire exterior (U_s, U_M)	0,80	0,70	0,56	0,49	0,41	0,3
Cubiertas en contacto con el aire exterior (U_c)	0,55	0,50	0,44	0,40	0,35	0,3
Muros, suelos y cubiertas en contacto con espacios no habitables o con el terreno (U_T) Medianerías o particiones interiores pertenecientes a la envolvente térmica (U_{MD})	0,90	0,80	0,75	0,70	0,65	0,25
Huecos (conjunto de marco, vidrio y, en su caso, cajón de persiana) (U_H)*	3,2	2,7	2,3	2,1	1,8	1,05
Puertas con superficie semitransparente igual o inferior al 50%				5,7		1,05

Material	Conductividad $\lambda=W/m*K$
Hormigón armado	2.1
Aluminio	160
Acero laminado	50
Granito	2.8
Ladrillo hueco	0.3
Madera blanda	0.13
Madera dura	0.18
Tablero de partículas	0.1
Tablero fibras orientadas	0.13
Tablero aglomerado	0,07
Tablero fibras de madera	0,065
Aislamiento fibras de madera	0.04
XPS	0.04
EPS	0.038
Lana mineral	0.037

Aislamientos

Nr. elem. cons. 05ud **MURO** ¿Aislamiento interior?

Resistencia térmica superficial [m²K/W]

Inclinación del elemento: **2-Muro** interior R_s: 0,13
 Adyacente a: **3-Ventilada** exterior R_s: 0,13

Superficie parcial 1	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/(mK)]	Esesor [mm]
aplacado cartón yeso	0,210					26
rockalm e 211	0,037	estructura metálica				40
yeso - hermeticidad	0,800					15
hormigón armado	1,400					250
knauf woolplac	0,035					30

Porcentaje superficie parcial 1: 100%
 Porcentaje superficie parcial 2:
 Porcentaje superficie parcial 3:

Suplemento al valor-U: **0,09** W/(m²K)

Valor-U: 0,482 W/(m²K)

Total: **36,1** cm

Nr. elem. cons. 05ud **MURO** ¿Aislamiento interior?

Resistencia térmica superficial [m²K/W]

Inclinación del elemento: **2-Muro** interior R_s: 0,13
 Adyacente a: **3-Ventilada** exterior R_s: 0,13

Superficie parcial 1	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/(mK)]	Esesor [mm]
aplacado cartón yeso	0,210					26
rockalm e 211	0,037	estructura metálica				40
yeso - hermeticidad	0,800					15
CLT	0,130					250
knauf woolplac	0,035					30

Porcentaje superficie parcial 1: 100%
 Porcentaje superficie parcial 2:
 Porcentaje superficie parcial 3:

Suplemento al valor-U: **0,09** W/(m²K)

Valor-U: 0,320 W/(m²K)

Total: **36,1** cm

Fuente: Edificio Passivhaus



Ventanas de altas prestaciones

La condiciones para la justificación del criterio de higiene para condensaciones en ventanas $U_w < 1 \text{ W/m}^2\text{K}$

Características físicas de las ventanas:

- Transmitancias: U_f / U_g / U_w / U_w – instalado
- Transmitancias lineales: ψ – espaciador / ψ – instalación
- Factor solar: “g”



Composición carpintería	U_f $U = \text{W/m}^2\text{K}$
Madera de pinus 70mm	1,6
Madera querqus 70mm	1,8
Madera pinus 90mm	1,1
PVC de 2 cámaras	2,8
PVC de 5 cámaras	1,4
PVC de 7 cámaras	1,1
Aluminio con ruptura de PT	1,9
Carpintería madera PH	1,01



Sistema constructivo	Diseño	Construcción	Coste	Eficiencia	Sostenibilidad	Mantenimiento
	Simple = 1; Complejo = 5			Bajo = 1; Alto = 5		
Hormigón armado + aislamiento int.	1	3	1	2	1	2
Hormigón armado + SATE	1	3	2	5	1	3
Termoarcilla + SATE	2	2	2	4	4	3
Termoarcilla + fachada ventilada	3	4	4	5	3	2
Entramado + SATE	3	3	3	4	5	3
Entramado + fachada ventilada	5	5	5	5	5	2
CLT + SATE	1	1	4	5	3	3
Piedra + aislamiento interior	2	5	5	3	4	2

Muchas gracias por su atención.



Leonardo Llamas Álvarez.
leo@edifico.es