

La inercia térmica y el comportamiento térmico dinámico en la EN ISO 13786: una aproximación razonada. Caso de aislar por el exterior.

Por Carlos Castro, arquitecto del dpto. técnico de Dow Building Solutions

Cuando se habla de inercia térmica en la construcción industrializada *standard*, se convierte a veces en un argumento sobrevalorado, lo que tampoco puede llevar al extremo contrario de calificarlo como irrelevante e incluso falso. Para ponerlo en su justo lugar, se necesitan números, no muchos ni en exceso precisos, pero suficientes para asignar un orden de magnitud o escala correcto. En definitiva, para lograr su encaje con algunos números “gordos”.

Con tal objetivo cuantificador hay herramientas para la modelización energética del edificio, como la conocida herramienta puesta a disposición del proyectista por la administración española a efectos de calificación energética, CALENER, o el muy conocido programa E+ del US DOE (*Department of Energy*).

Otra posibilidad más sencilla para asignar algunos valores significativos a la inercia, no de un edificio, sino de un elemento constructivo, es adoptar el cálculo dado por EN ISO 13786 sobre características térmicas “dinámicas” de elementos constructivos.

Claro que ese método no es representativo del edificio. Solo sería válido en un imposible edificio compuesto de un cerramiento único de área infinita (por ejemplo nos podemos imaginar una fachada inacabable) compuesto solo por ese elemento constructivo, es decir, sin suelos, techos, ventanas,.. interrelación entre elementos, ganancias internas, ganancias solares, etc, etc.

Con este tipo de enfoque, no es muy difícil mostrar diferencias, quizás excesivamente teóricas, en efecto, entre aislar una fachada por el interior o por el exterior. El resultado es que se “visualiza” un comportamiento “dinámico”: básicamente consistente en que las condiciones exteriores no son cuasi-estacionarias (con medias mensuales, por ejemplo), sino que cambian continuamente y la respuesta del elemento constructivo (que no edificio) que conforma el cerramiento se expresa entonces como:

1.- el *desfase*, es decir el tiempo que retrasa el cambio de las condiciones exteriores al interior, de forma que el momento en que se alcanzan las temperaturas máximas

y mínimas en la cara exterior del cerramiento no coincide con el momento (retrasado) en que se alcanzan en la cara interior.

2.- la *amortiguación*, es decir la reducción de las variaciones o saltos térmicos exteriores, a modo de reducción de la amplitud de la “onda” térmica.

Ambos parámetros, pero sobre todo el segundo, mejoran con un aislamiento por el exterior del cerramiento soporte.

Esa forma de ver el elemento constructivo parte de “abstraerlo” de todas las situaciones particulares de la construcción, entre ellas, como se indicaba antes, de algo tan obvio como que sus dimensiones no son infinitas en las dos direcciones distintas del espesor del elemento constructivo.

Sin embargo, esos dos conceptos, “desfase” y “amortiguación”, proporcionan números “gordos” sencillos para la sección constructiva analizada. Tomar esos números gordos por la “verdad rotunda y meridiana” del concepto inercia térmica es una simplificación excesiva de la realidad física. Evitando esa mala interpretación, no obstante, se puede adoptar un enfoque práctico. Así por, ejemplo, si toda la envolvente del edificio (fachadas en diversas orientaciones, suelos expuestos al aire exterior, cubiertas, puentes térmicos, etc.) es aislada por el exterior, el cálculo dinámico de cada elemento constructivo, pero también del edificio visto en un enfoque “holístico”, mostrará un *desfase* y una *amortiguación* mejoradas partiendo de la misma masa superficial para el cerramiento y para el edificio.

Así se puede poner en valor, al menos en orden de magnitud, un concepto, el de aislar por el exterior que, manteniendo el resto de parámetros sin modificaciones, es positivo, frente a colocar el aislamiento por el interior.

Se pueden destacar dos aspectos “estacionales” en relación a la inercia térmica:

1.- Una cosa es ver la respuesta del edificio en verano, bajo intensa y cambiante radiación solar diurna y ver si el comportamiento “pasivo” (y la inercia es la “pasividad” por excelencia) permite que las temperaturas interiores se mantengan en un rango de confort sin necesidad de refrigerar. Pero aquí ya se ve que el asunto no es tan simple. Dicho comportamiento inercial y pasivo irá bien en la medida en que una ventilación selectiva nocturna pueda enfriar la envolvente del edificio para volver, al amanecer, al punto de partida relativamente fresco. Hay que imaginarse, por ejemplo, una casa con la temperatura del aire interior oscilando entre 24 y 28

grados en un día de verano con temperaturas exteriores del aire entre 19 y 34. Este análisis dinámico horario típico es el que mira, por ejemplo, la reglamentación italiana, pero solo de cara al verano. Es en la cubierta donde más importa y no tanto en fachadas, que interaccionan con la radiación solar directa mucho menos y menos horas. De hecho, aquí se ve también que puede haber otras circunstancias tan determinantes o más que la inercia térmica: atención, por ejemplo, a la temperatura superficial exterior de la envolvente y la importancia de ese acabado exterior para que sea lo más reflectante, lo que puede ser de mayor trascendencia que la inercia térmica “per se” y que retoma soluciones clásicas de la arquitectura popular mediterránea (como en los pueblos blancos, encalados, de Andalucía), que se está reintroduciendo ahora bajo la “etiqueta” *cool roof*.

2.- ¿Y en invierno? Aquí se trataría de “captar” en el interior la radiación solar disponible cada día y que poco a poco, si fuera posible (y se debate más adelante cuánto sea posible), la masa del edificio “acumule”, toda o *parte* de ella (matiz muy importante), ese calor solar, pero también las ganancias internas o, sobre todo, el aporte de un sistema activo convencional de calefacción.

Lo primero es ver que la fachada, ya sea aislada por el exterior o por el interior, no interacciona apenas a la hora de captar en el interior del edificio la radiación solar. Lo que interacciona son, sobre todo, suelo (si no se cubre con una alfombra o una moqueta) y muebles.

Lo segundo es entender el modo en que la regulación de la calefacción afecta a la posibilidad efectiva de acumular las ganancias procuradas por el sistema activo de calefacción.

Una alternativa es asignar en el termostato una temperatura “deseada” (de *consigna*) constante en las 24 horas del día, día tras día. Obviamente esto puede ser válido para una vivienda de uso permanente, pero no para viviendas fin de semana. En este caso de vivienda de uso permanente la respuesta de la masa térmica del edificio se produce en un “período de variaciones” (térmicas) extendido mucho más allá del lapso de un día.

Por el contrario puede suceder (y es lo más habitual) que la regulación de la calefacción siga, como la radiación solar, unos patrones de intermitencia en su funcionamiento, lo que lleva de nuevo a un período de variaciones típicamente diario.

En ambos casos se verifica un aprovechamiento de las ganancias, una acumulación o almacenamiento de calor, pero la efectividad de dicha acumulación difiere, siendo mayor con períodos de variaciones más largos.

En definitiva, lo que estamos diciendo aquí es que la capacidad calorífica *efectiva* de un cerramiento, o de un edificio –visto como conjunto de cerramientos- bajo condiciones térmicas dinámicas, variables (períodos de variaciones diarias) es menor que la capacidad calorífica teórica, a largo plazo, bajo condiciones estacionarias.

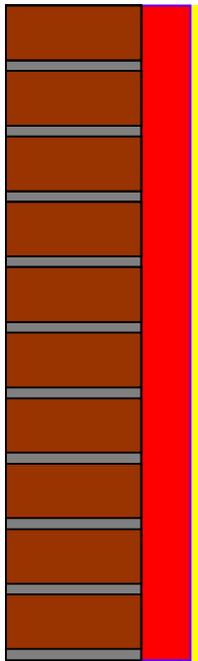
Como referencia, la norma EN ISO 13786 ya mencionada, dentro de los métodos simplificados de cálculo que aborda, da una aproximación al espesor efectivo de un elemento constructivo en función del “período de variaciones” (térmicas) en que se encuentre. Para variaciones diarias se considera un espesor efectivo máximo de unos 10 cm (tabla A.1 de EN ISO 13786). Es decir, tener 10 cm de espesor, o 20, o 30, daría igual: no hay mayor aprovechamiento, dado el modo de regular la calefacción con variaciones diarias (o dado el hecho de que las posibles ganancias solares siguen también un patrón temporal diario de variaciones).

Así y todo, un muro de medio pie (11.5 cm) aislado por el interior, proporcionaría solo el enlucido (1-1.5 cm de espesor) como aporte a la inercia *efectiva* del edificio, mientras que para el aislado por el exterior podrían estimarse esos 10 cm, lo que marca sin duda una diferencia.

Y, en caso de poder asignar un período de variaciones de una semana (es decir, con el termostato a temperatura “deseada” constante en todo momento) para las ganancias, esos 10 cm pasan a ser 25 cm de espesor efectivo (de nuevo, tabla A.1 de EN ISO 13786). En esa situación aislar por el exterior un muro de un pie (24 cm) permitiría aprovechar toda su capacidad calorífica de cara a ganancias proporcionadas por la calefacción.

Como conclusión, si aislamos toda la envolvente por el exterior dispondremos, al menos potencialmente, de más masa térmica, más inercia térmica, para acumular, luego será siempre preferible. Pero para aprovechar al máximo este argumento, será clave el modo de regulación de la calefacción.

¿Por qué?: para mejorar la inercia térmica



Aislando por el interior

Orientación: S
 Color de la superficie externa: Claro
 Localidad: Milan

Datos generales

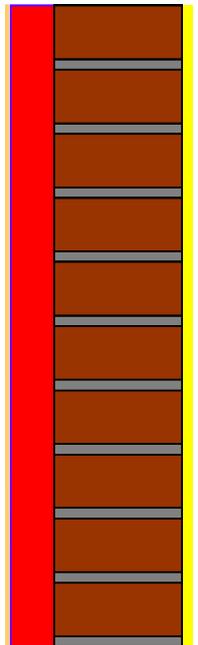
Espesor: 0.211 m
 Masa superficial: 230.00 kg/m²
 Resistencia: 2.6295 m²K/W
 Transmitancia: 0.3803 W/m²K

Parámetros dinámicos

Factor de atenuación: **0.4956**
 Desfase: 5h 58'

Material	Espesor [m]	Masa Superficial [kg/m ²]	Resistencia [m ² K/W]
Superficie externa			0.0400
Fábrica de ladrillo de medio pie	0.120	216.00	0.1500
Aislamiento	0.080	2.80	2.2857
Yeso	0.011	11.20	0.0238
Superficie interna			0.1300

Hora	Temp. del aire exterior [°C]	Irradiancia [W/m ²]	Temp. superficial externa [°C]	Temp. superficial interna [°C]
1	21.5	0	21.46	28.34
2	20.9	0	20.86	27.44
3	20.4	0	20.38	26.79
4	20.0	0	20.02	26.19
5	19.9	11	20.14	25.72
6	20.1	50	21.25	25.36
7	20.7	86	22.65	25.06
8	21.8	177	25.75	24.77
9	23.4	321	30.51	24.53
10	25.2	439	34.94	24.35
11	27.2	515	38.66	24.41
12	29.1	541	41.16	24.96
13	30.6	515	42.02	25.66
14	31.5	439	41.30	27.19
15	31.9	321	39.03	29.55
16	31.5	177	35.47	31.74
17	30.7	86	32.61	33.59
18	29.4	50	30.49	34.83
19	27.8	11	28.06	35.26
20	26.3	0	26.26	34.90
21	24.9	0	24.94	33.77
22	23.7	0	23.74	32.01
23	22.8	0	22.78	30.59
24	22.1	0	22.06	29.54



Aislando por el exterior

Orientación: S
 Color de la superficie externa: Claro
 Localidad: Milan

Datos generales

Espesor: 0.211 m
 Masa superficial: 230.00 kg/m²
 Resistencia térmica: 2.6295 m²K/W
 Transmitancia térmica: 0.3803 W/m²K

Parámetros dinámicos

Factor de atenuación: **0.2566**
 Desfase: 6h 42'

Material	Espesor [m]	Masa Superficial [kg/m ²]	Resistencia térmica [m ² K/W]
Superficie externa			0.0400
Aislamiento térmico	0.080	2.80	2.2857
Fábrica de ladrillo de medio pie	0.120	216.00	0.1500
Yeso	0.011	11.20	0.0238
Superficie interna			0.1300

Hora	Temp. aire exterior [°C]	Irradiancia [W/m ²]	Temp. superficial externa [°C]	Temp. superficial interna [°C]
1	21.5	0	21.46	29.09
2	20.9	0	20.86	28.47
3	20.4	0	20.38	28.00
4	20.0	0	20.02	27.67
5	19.9	11	20.14	27.36
6	20.1	50	21.25	27.11
7	20.7	86	22.65	26.93
8	21.8	177	25.75	26.77
9	23.4	321	30.51	26.62
10	25.2	439	34.94	26.50
11	27.2	515	38.66	26.40
12	29.1	541	41.16	26.44
13	30.6	515	42.02	26.72
14	31.5	439	41.30	27.08
15	31.9	321	39.03	27.87
16	31.5	177	35.47	29.10
17	30.7	86	32.61	30.23
18	29.4	50	30.49	31.19
19	27.8	11	28.06	31.83
20	26.3	0	26.26	32.05
21	24.9	0	24.94	31.86
22	23.7	0	23.74	31.28
23	22.8	0	22.78	30.37
24	22.1	0	22.06	29.63