



**Estudio sobre posible amortización y cálculo de  
ahorro generado en la rehabilitación de la  
envolvente de edificios de viviendas mediante  
intervenciones bioclimáticas**

**Autor:** Cristina Iglesias Placed

**Institución:** Universidad de Málaga

## Resumen

El presente estudio analiza los plazos de amortización estimados y los ahorros energéticos previstos en la rehabilitación de la envolvente de edificios de viviendas existentes.

El 70% de las viviendas existentes dispone de calefacción, y el 35% dispone de aire acondicionado, y sólo un 39% de las viviendas dispone de doble acristalamiento, y un 11% dispone de carpinterías con rotura de puente térmico. La envolvente térmica tiene un papel esencial en la demanda energética de las edificaciones, también tiene un importante peso en los flujos de materia y energía incorporados en los materiales, ya que supone aproximadamente el 18.5% de emisiones, el 20.4% de la energía y el 28% del peso de los materiales de la edificación.

La situación económica y energética actual está en continuo cambio, con lo cual establecer las hipótesis futuras del precio de la energía, con la incertidumbre que existe, es muy difícil. Por ese motivo, para realizar este trabajo se han tomado algunas consideraciones para simplificar dichas hipótesis. Se considera que el edificio existente funciona únicamente con energía eléctrica, por lo que el valor monetario para la energía ahorrada será el del precio de la electricidad (€/kWh). La generación de energía eléctrica sigue dependiendo en gran parte de la quema de combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón) que, por un lado, empiezan a escasear, y, por otro, son sumamente contaminantes. Otro aspecto importante a tener en cuenta tiene que ver con la naturaleza física de los recursos energéticos y es la idea de que para producir energía para la sociedad, se necesita invertir previamente una energía. El concepto de Tasa de Retorno Energético (TRE) se convierte en algo necesario que estudiar.

Cuando se habla de rehabilitación con criterios de sostenibilidad, se utilizan parámetros referentes a consumos, ahorros energéticos y económicos, referidos a la amortización de las actuaciones, obviándose en numerosas ocasiones un factor fundamental, relacionado directamente con el bienestar y la calidad de vida del usuario, como lo es el confort. El Código Técnico de la Edificación, utiliza la palabra confort para establecer los objetivos de la reducción de la demanda energética, incluyendo el parámetro bienestar térmico, definido como las «condiciones interiores de temperatura, humedad y velocidad del aire establecidas reglamentariamente que se considera que producen una sensación de bienestar adecuada y suficiente a sus ocupantes» (CTE DB HE1).

En este trabajo se evalúan distintas opciones de mejora mediante incorporación de materiales aislantes, soluciones de vegetalización, así como la introducción de elementos de control solar.

**Palabras clave:** rehabilitación, eficiencia energética, vegetalización, inercia térmica, arquitectura bioclimática

## 1. Introducción

La evaluación del confort térmico en el interior de un edificio es una tarea compleja, para la que existen diversos métodos, las variables cuantificables que influyen directamente sobre esta sensación, son la temperatura y humedad del aire, la velocidad del aire, etc. No obstante, a través de la intervención en la envolvente térmica del edificio podremos mejorar las condiciones higrotérmicas del interior de la edificación, independientemente del uso complementario de los sistemas activos para poder alcanzar el confort.

Por eso, como complemento al análisis de las transmitancias térmicas de los sistemas constructivos que caracterizan la envolvente de un edificio, debemos tener en cuenta la conveniencia o no de buscar inercia térmica en la construcción del cerramiento.

En los climas más habituales en España, con elevadas oscilaciones térmicas entre el día y la noche y las estaciones del año, y para edificaciones con un uso permanente, disponer de sistemas de acumulación térmica pasivos, puede suponer un importante ahorro energético.

Por ejemplo, en aquellos casos en los que sea conveniente considerar la inercia térmica, es conveniente aislar los edificios por el exterior, de forma que la masa térmica útil de los sistemas constructivos en contacto directo con los espacios habitables sea mayor y éstos participen en la mayor estabilidad térmica de la construcción, regulando la temperatura interior al proporcionar un incremento de calor, cuando cesan las fuentes de frío o calor de ese ambiente. Otro caso distinto, será la consideración de la inercia térmica del cerramiento debido a la acción solar sobre el mismo, lo que proporciona en determinados climas un mejor comportamiento de la cámara de aire interior ya sea ventilada o cerradas.

## 2. Metodología

En España la mitad del consumo energético de las viviendas está destinado al acondicionamiento térmico<sup>1</sup>, donde la fachada, como parte integrante de la envolvente juega un papel determinante. A partir del consumo de combustibles, las estrategias de diseño están vinculadas a las zonas climáticas, la orientación, renovación del aire interior, materiales y composición de fachada.

La rentabilidad de la inversión realizada la vamos a analizar durante un periodo de vida útil de 50 años. Analizar el potencial de ahorro de energía que supone el diseño de fachadas, supone considerar una reducción de la energía necesaria en la fase de uso. Mejorando esta envolvente se puede reducir considerablemente el consumo energético y el impacto ambiental, tanto en la selección de materiales como durante el uso del edificio. Basándonos en lo anterior, la estimación de inversión-amortización puede aportar el número de años necesario para que la inversión se amortice, suponiendo unas variables constantes a lo largo de los años, o determinar el espesor de aislamiento más rentable en función de un horizonte económico y de unas tasas de inflación previstas.

### 3.1. Evaluación de la energía consumida

El Ministerio de Industria, Energía y Turismo, a partir del Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE) ha publicado una guía técnica que bajo el nombre de “Condiciones climáticas exteriores de proyecto” recoge los grados día de calefacción así como los de refrigeración de distintas localidades españolas (disponible en la página web del Ministerio así como en la del IDAE).

Para calcular la energía consumida, consideraríamos la resultante del producto de la transmitancia térmica (U) del sistema constructivo de estudio, en W/m<sup>2</sup>.K, por los grados día y el número de horas de funcionamiento del sistema, para cada mes objeto de estudio.

$$E = U \text{ (W/m}^2\text{.K)} \times \text{º día} \times h$$

U (W/m<sup>2</sup>k) del sistema constructivo  
º día y h (horas de funcionamiento del sistema)

El cálculo puede realizarse teniendo en cuenta las temperaturas horarias medias para cada mes, de tal forma que la demanda de energía a lo largo del año, en kWh/m<sup>2</sup>, sería el producto de la transmitancia térmica del elemento, (U) en W/m<sup>2</sup>.K, sobre el que intervenir por el resultado de la suma de la diferencia de las temperaturas interiores y exteriores, en grados centígrados, durante las horas de funcionamiento de la instalación en cada mes: El consumo de energía puede determinarse mediante el uso del parámetro de grados día 20/20 que señala los grados centígrados que es necesario aportar, durante un periodo de tiempo, para alcanzar la temperatura base de 20°C. De tal forma que, cuanto menores sean dichos grados día, menor será la diferencia de temperatura entre la de base y la exterior, llegando a anularse cuando la última sea superior a la anterior.

### 3.2. Relación: inversión y ahorro de energía

La estimación de la relación entre la inversión y la cantidad de energía ahorrada puede aportar el número de años necesario para que la inversión se amortice, suponiendo unas variables constantes a lo largo de los años, o determinar el espesor de aislamiento más rentable en función de un horizonte económico y de unas tasas de inflación previstas. Será necesario conocer el coste del material necesario y la puesta en obra de la intervención planteada. Conocido éste, la relación entre inversión/amortización será la existente entre el coste estimado de la actuación y el ahorro de energía, en €/m<sup>2</sup>, siendo ésta el producto de dicho ahorro energético por el precio de la energía empleada en la climatización de la vivienda, local o edificio.

En base a los porcentajes de la tasa de revisión de energía, intereses menos impuestos e inflación prevista se determina un coeficiente, denominado VAN, que se le aplicará al ahorro de energía para cada solución en comparación con el inicial, y que se calcula según la expresión:

$$\text{Coeficiente VAN} = t(t^n - 1) / t - 1$$

Donde:

$$t = (1 + 0.01 \times b) / (1 + 0.01 \times r)$$

b = aumento previsible del coste de la energía en %;

$r$  = tasa de actualización neta en % (equivalente al interés bancario deducidos los impuestos y la inflación);

$n$  = número de años a que se efectúe el estudio (horizonte económico).

### 3.3. Límites de la hipótesis

Se ha considerado el elemento constructivo de manera aislada, por lo que se ha obviado la influencia de otros componentes y sistemas del edificio, además de otros parámetros de uso que pueden influir en los resultados.

En cuanto a la demanda energética se ha considerado en base a valores medios aproximados por zonas climáticas. Así, por ejemplo, la media de demanda de energía es de 33,4 KWh/m<sup>2</sup>.año para Almería, 43,3 Wh/m<sup>2</sup>.año para Madrid y 46,3 KWh/m<sup>2</sup>.año para León. Esta energía corresponde a la suma de la energía necesaria para acondicionamiento térmico (calefacción y refrigeración). Si observamos estos mismos datos desglosados, se puede ver cómo lógicamente la demanda para calefacción es prácticamente nula en el caso de Almería, mientras que en Madrid la media es de 19,2 KWh/m<sup>2</sup>.año y en León de 33,4 KWh/m<sup>2</sup>.año. En el caso de la refrigeración, la tendencia es inversa, ya que para el caso de Almería se observa una media de refrigeración mayor, de 26,4 KWh/m<sup>2</sup>.año, para Madrid de 18,5 KWh/m<sup>2</sup>.año y León con 7,3 KWh/m<sup>2</sup>.año.

### 3.4. Rentabilidad de la inversión

Para poder valorar el ahorro energético debemos plantearnos primero el coste de la energía y la posible tendencia de crecimiento durante los próximos años sobre los que vamos a estudiar la amortización. Lógicamente, cuanto más años comprenda la viabilidad del estudio mayor incertidumbre tendremos sobre la línea de crecimiento energético.

El estudio se ha basado en la base de datos del INE que indica los precios de la energía en los últimos años.

### 3.5. Aproximación a la amortización económica

La situación económica y energética actual está en continuo cambio, con lo cual, establecer las hipótesis futuras del precio de la energía, con la incertidumbre que existe, es muy difícil. Por ese motivo, se han considerado algunas simplificaciones:

- Como los edificios existentes no funcionan únicamente con energía eléctrica, el valor monetario para la energía ahorrada no será exactamente el del precio de la electricidad (€/kWh).

- Otro aspecto importante a tener en cuenta, se relaciona con la naturaleza física de los recursos energéticos y, es la idea de que: "*para producir energía para la sociedad se necesita invertir previamente una energía*". El concepto de Tasa de Retorno Energético (TRE), se convierte en algo necesario que estudiar.

Aunque no hay acuerdo unánime en los cálculos de las diferentes TREs para los distintos recursos, sí parece que hay consenso en que los combustibles no renovables tienen una tendencia a largo plazo a ir disminuyendo su TRE con el

tiempo (a pesar de la mejora tecnológica), y, hay estudios que indican además que para algunos de ellos como el petróleo y el gas natural se asiste a un descenso rápido reciente.

#### **4. Cuantificación del ahorro energético de fachadas vegetales en intervenciones de rehabilitación energética de la edificación**

En general, se puede afirmar que la utilización de vegetación, de forma bien diseñada y gestionada, puede ser una herramienta útil de regulación térmica de edificios con el consiguiente ahorro energético que conlleva. Esta puede tener lugar de cuatro formas, a menudo relacionadas:

- Actúa como aislamiento térmico.
- El efecto sombra.
- El enfriamiento evaporativo.
- La variación del efecto que produciría el viento sobre la edificación.

De estos cuatro efectos, tan sólo la acción como aislamiento térmico y el amortiguamiento térmico debido al efecto sombra en condiciones de verano se han tenido en cuenta para las estimaciones de cálculo.

Hay que tener en cuenta que la funcionalidad de estas fachadas y cubiertas dependerá de las especies que se utilicen, así como del tipo de clima en el que se utilizan. En este sentido, este trabajo propone, para fachadas y cubiertas vegetadas, la utilización de las especies más adecuadas para clima mediterráneo. Las condiciones climáticas a partir de las que se han estimado los ahorros energéticos son las correspondientes a la ciudad de Málaga.

Estimación del coste de mantenimiento. En los inicios de las cubiertas vegetadas extensivas se tenía la visión de que no sería necesario mantenimiento, pero esto no es cierto. Incluso en este tipo de cubiertas se necesitan unos mínimos de mantenimiento como controles anuales, reponer plantas muertas, desherbar una o dos veces al año, etc. En este estudio no se han considerado en el cálculo de los costes de las soluciones de rehabilitación vegetal, los gastos derivados del mantenimiento de estos sistemas, ya que el estudio se ha limitado al cálculo de la amortización de la inversión inicial. Sin embargo, es necesario recordar que las necesidades de mantenimiento de una cubierta o fachada vegetal son al menos las mismas que las de un jardín convencional.

Para el cálculo del coste de mantenimiento de una cubierta o fachada vegetal se podrían considerar las labores necesarias para que esté en perfectas condiciones, entre otras:

- Preparación de siega: con retirada de piedras y residuos sólidos.
- Siegas.
- Recorte y perfilado de bordes.
- Fertilización: aporte y extendido de un abono químico mineral.
- Control de adventicias: una escarda química mediante aplicación de herbicida selectivo.
- Control de plagas: tratamiento preventivo de carácter general.
- Resiembra: aplicada sobre las zonas que presenten claros iguales o mayores de 25 mm.
- Mantenimiento del sistema de riego.

La valoración de todas estas labores es difícil pues depende principalmente de la superficie tratada. Una valoración aproximada, según información aportada por empresas

de mantenimiento de jardines, se estima un coste anual medio de mantenimiento de 6,00 €/m<sup>2</sup> y año.

Para el cálculo de las demandas previstas de calefacción y refrigeración se han adoptado las condiciones climáticas de la localidad Málaga de la “Guía técnica. Condiciones climáticas exteriores de proyecto” publicada por el IDAE.

Provincia	Estación	Indicativo
Málaga	Málaga (Aeropuerto)	6155A

#### UBICACIÓN: AEROPUERTO

#### Nº DE OBSERVACIONES Y PERIODO

a.s.n.m. (m)	Lat.	Long.	T seca	Hum. relativa	T terreno	Rad
7	36°40'00"	04°29'17"W	87.600 (1998-2007)	(2) 18.980 (1998-2007)		

#### CONDICIONES PROYECTO CALEFACCIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÍNIMA)

TSMIN (°C)	TS_99,6 (°C)	TS_99 (°C)	OMDC (°C)	HUMcoin (%)	OMA (°C)
-0,2	4,4	5,8	12,3	81	30,8

#### CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÁXIMA)

TS MAX (°C)	TS_0,4 (°C)	THC_0,4 (°C)	TS_1 (°C)	THC_1 (°C)	TS_2 (°C)	THC_2 (°C)	OMDR (°C)
42,0	35,2	22,1	33,2	21,8	31,2	21,7	14,7

#### CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA HÚMEDA EXTERIOR MÁXIMA)

TH_0,4 (°C)	TSC_0,4 (°C)	TH_1 (°C)	TSC_1 (°C)	TH_2 (°C)	TSC_2 (°C)
24,6	30,3	23,8	29,5	23,4	29,2

#### VALORES MEDIOS MENSUALES

Mes	TA (°C)	TASOL (°C)	GD_15 (°C)	GD_20	GDR_20	RADH (kWh/m <sup>2</sup> día)	TTERR (°C)
Enero	12,0	14,0	106	249	0	2,8	
Febrero	12,9	15,0	77	201	2	3,6	
Marzo	14,8	16,6	51	167	5	4,6	
Abril	16,7	18,4	25	112	14	5,8	
Mayo	19,6	21,2	6	55	44	6,7	
Junio	23,7	25,4	0	7	118	7,7	
Julio	25,6	27,2	0	1	176	7,4	
Agosto	26,0	27,6	0	1	186	6,6	
Septiembre	23,4	25,3	0	8	110	5,2	
Octubre	19,6	21,6	4	49	36	3,7	
Noviembre	15,4	17,5	40	144	6	2,8	
Diciembre	12,8	14,7	83	223	0	2,4	

Base de los vientos: velocidad media 3,46 m/s

Figura 1. Condiciones climáticas de la localidad Málaga. Fuente: “Guía técnica. Condiciones climáticas exteriores de proyecto” IDAE.

Se han adoptado las siguientes simplificaciones para el cálculo:

- Consideración de régimen de funcionamiento de los sistemas de calefacción, régimen de invierno. Se ha considerado aquellos meses en los que la temperatura exterior seca presenta medias inferiores a los 15°C, esto se corresponde con los meses de: diciembre, enero, febrero y marzo<sup>2</sup>.

- Consideración de régimen de funcionamiento de los sistemas de refrigeración, régimen de verano. Se han considerado aquellos meses en los que la temperatura exterior seca presenta medias superiores a los 20°C, esto se corresponde con los meses de: junio, julio, agosto y septiembre<sup>3</sup>.

- Se ha estimado un número de horas de funcionamiento de los equipos de diez horas diarias.

Se ha considerado que la fachada preexistente en el edificio teórico objeto de la intervención es una fachada de ladrillo perforado, enfoscado con mortero de cemento y pintado, con cámara de aire no ventilada y hoja interior de tabique de ladrillo hueco doble, con acabado de guarnecido de yeso por el interior.

Se ha estimado la transmitancia térmica de este elemento constructivo:

Resistencia superficial interior: 0.13

Resistencia superficial exterior: 0.04

Material	Conduc. térmica	Espesor	Res. térmica	Transmitancia total
Enfoscado exterior	1.8	0.015	0.01	1.32
Ladrillo perforado	0.35	0.115	0.18	
Mortero (30%)	1.3			
Cámara de aire	0.1875	0.03	0.16	
Ladrillo hueco	0.32	0.07	0.16	
Mortero (11%)	1.3			
Guarnecido de yeso	0.57	0.015	0.03	

Las transmitancias recomendadas por la actual normativa vigente en España, fijan parámetros muy inferiores a estos valores para cualquiera de las zonas climáticas (excepto Canarias). Las soluciones de mejora que se estudian quedan también muy por encima de los parámetros mínimos recomendados por la normativa (ver figura 2).

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

Figura 2. Transmitancia térmica máxima de los elementos de la envolvente térmica.

Fuente: CTE DB-HE 1. Versión publicada en el BOE 12/09/2013

Según la normativa vigente, de aplicación obligatoria a partir del 13 de marzo de 2014, cualquier trabajo u obra en un edificio existente distinto del que se lleve a cabo para el exclusivo mantenimiento del edificio, debe cumplir los parámetros establecidos en esta normativa.

No obstante, en este trabajo se han atendido las soluciones teóricas planteadas, sin considerar el aspecto global de la envolvente y las consecuentes las exigencias de aislamiento que se fijan en la normativa. Se han considerado aisladamente con objeto de poder valorar cada una de las soluciones de forma independiente. En caso de intervenciones, estas soluciones serían obligatoriamente tratadas previamente mediante una mejora previa de los elementos envolventes que aseguren el cumplimiento de las exigencias.

#### 4.1. Fachada vegetal tradicional

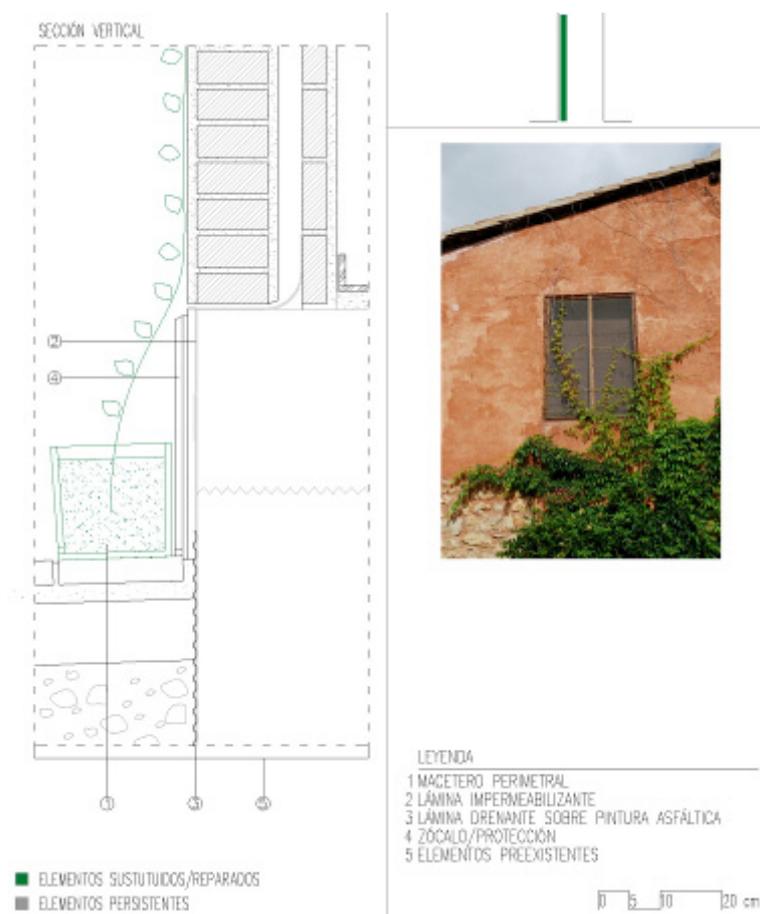


Figura 3. Fachada vegetal tradicional. Fuente: elaboración propia.

La fachada vegetal es un jardín autoportante, dotado de unas características técnicas que garantizan la proliferación de las plantas en un lugar que a priori no iba destinado a ellas.

Las fachadas vegetales, a través de la evapotranspiración, consiguen que grandes cantidades de radiación solar se conviertan en calor latente evitando el aumento de temperatura.

Una fachada totalmente cubierta de vegetación puede proteger de la radiación solar en verano ya que las hojas pueden reflejar o absorber entre el 40% y el 80% de la radiación solar recibida, dependiendo de la cantidad y el tipo de vegetación.

En las fachadas vegetales tradicionales, las plantas tienen sus raíces en el suelo y crecen desde ahí. Las plantas utilizan una superficie vertical, como una pared, para apoyarse, pero no reciben ningún tipo de humedad y nutrientes de ella.

Previamente a la instalación de este tipo de soluciones deberá ser considerada la capacidad portante de la fachada, determinando si ésta es apta para soportar las sollicitaciones de carga de la solución.

#### **Descripción básica:**

- Sin estrato vegetal.
- Transmitancia estimada de la fachada base:  $U=1,32 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Eficiencia según tipo de hoja: en caso de hoja perenne, el gasto en invierno en calefacción puede aumentar; la hoja caduca será la más favorable dado que en invierno permite calentar los paramentos y los protege en verano.
- Variación de temperatura:  $-2,5^\circ\text{C}$  en verano

#### **Justificación de los cálculos de los valores de los GDR estimados:**

Al no disponer de estrato vegetal, la aportación en la amortiguación térmica de esta solución no se traduce directamente en una variación en la transmitancia de la fachada sino en una mejora en las condiciones de radiación directa sobre los elementos de la envolvente que reduce la temperatura exterior seca sobre dicho elemento en  $2,5^\circ\text{C}$  (valor estimado).

Para cuantificar el ahorro en  $\text{kWh/m}^2$  de la solución se han estimado los GDR interpolando los datos de la tabla de las condiciones climáticas de la localidad Málaga de la "Guía técnica. Condiciones climáticas exteriores de proyecto" publicada por el IDAE.

Para estimar el ahorro energético en este tipo de soluciones, se ha considerado exclusivamente el ahorro en refrigeración en régimen de verano.

Cálculo de los GDR para la situación mejorada en la localidad de Málaga:

	Tseca exterior	Tseca exterior mejorada	GDR estimada
Junio	$23,7^\circ\text{C}$	$21,2^\circ\text{C}$	67,73
Julio	$25,6^\circ\text{C}$	$23,1^\circ\text{C}$	103,43
Agosto	$26^\circ\text{C}$	$23,5^\circ\text{C}$	111,97
Septiembre	$23,4^\circ\text{C}$	$20,9^\circ\text{C}$	62,91

### Estimación del ahorro energético en régimen de verano:

Emes (kWh/m<sup>2</sup>)= U(W/m<sup>2</sup>K) x GDR X n° horas(mes)/1000

#### - Junio

Consumo estimado de energía:

E<sub>o</sub>= 1,32 W/m<sup>2</sup>K x 118K x 10 h/1000 = 1,56 kWh/m<sup>2</sup>

E<sub>final</sub>= 1,32 W/m<sup>2</sup>K x 67,73K x 10 h/1000 = 0,89 kWh/m<sup>2</sup>

Ahorro estimado junio: 0,66 kWh/m<sup>2</sup>

#### - Julio

Consumo estimado de energía:

E<sub>o</sub>= 1,32 W/m<sup>2</sup>K x 176K x 10 h/1000 = 2,32 kWh/m<sup>2</sup>

E<sub>final</sub>= 1,32 W/m<sup>2</sup>K x 103,43K x 10 h/1000 = 1,36 kWh/m<sup>2</sup>

Ahorro estimado julio: 0,95 kWh/m<sup>2</sup>

#### - Agosto

Consumo estimado de energía:

E<sub>o</sub>= 1,32 W/m<sup>2</sup>K x 186K x 10 h/1000 = 2,45 kWh/m<sup>2</sup>

E<sub>final</sub>= 1,32 W/m<sup>2</sup>K x 111,97K x 10 h/1000 = 1,47 kWh/m<sup>2</sup>

Ahorro estimado agosto: 0,97 kWh/m<sup>2</sup>

#### - Septiembre

Consumo estimado de energía:

E<sub>o</sub>= 1,32 W/m<sup>2</sup>K x 110K x 10 h/1000 = 1,45 kWh/m<sup>2</sup>

E<sub>final</sub>= 1,32 W/m<sup>2</sup>K x 62,91K x 10 h/1000 = 0,83 kWh/m<sup>2</sup>

Ahorro estimado septiembre: 0,62 kWh/m<sup>2</sup>

**Estimación del ahorro acumulado anual en refrigeración (régimen de verano) = 3,2 kWh/m<sup>2</sup>**

**Coste de ejecución material estimado de la solución: 80,93€/m<sup>2</sup>**

01_B_I9_AC1_S1	Instalación Vegetal Transpirante	Ladrillos	24,17	
		Ahorro	1,8	
		Plantillo	2	
		Planta trasplante	26,61	
		Mano de obra	27,27	
				<b>80,93</b>

#### Coste de mantenimiento anual estimado:

No se han considerado, se ha calculado el plazo de amortización de la inversión inicial para la ejecución de la solución.

Estimación de la amortización de la inversión para la ejecución de la solución: 01_B_19_AC1_S1 Fachada vegetal tradicional						
Año	Precio de la energía (€/kWh)	Frecio de la energía con IVA (€/kWh)	Ahorro en climatización estimado (kWh/m2)	AHORRO €/M2	AMORTIZACIÓN	
0	2014	0,139	0,158	3,200	0,508	80,930
1	2015	0,146	0,177	3,200	0,565	80,365
2	2016	0,153	0,196	3,200	0,594	79,771
3	2017	0,161	0,195	3,200	0,623	79,148
4	2018	0,169	0,215	3,200	0,675	78,499
5	2019	0,178	0,215	3,200	0,688	77,806
6	2020	0,186	0,226	3,200	0,722	77,083
7	2021	0,194	0,237	3,200	0,758	76,325
8	2022	0,203	0,249	3,200	0,796	75,529
9	2023	0,213	0,261	3,200	0,836	74,697
10	2024	0,223	0,274	3,200	0,878	73,814
11	2025	0,234	0,288	3,200	0,922	72,892
12	2026	0,250	0,303	3,200	0,969	71,923
13	2027	0,263	0,318	3,200	1,017	70,905
14	2028	0,276	0,334	3,200	1,068	69,837
15	2029	0,290	0,351	3,200	1,122	68,715
16	2030	0,304	0,368	3,200	1,178	67,536
17	2031	0,320	0,387	3,200	1,238	66,299
18	2032	0,336	0,406	3,200	1,300	64,999
19	2033	0,353	0,427	3,200	1,365	63,634
20	2034	0,370	0,448	3,200	1,433	62,201
21	2035	0,389	0,470	3,200	1,505	60,695
22	2036	0,408	0,494	3,200	1,581	59,114
23	2037	0,427	0,519	3,200	1,660	57,454
24	2038	0,450	0,545	3,200	1,744	55,710
25	2039	0,473	0,572	3,200	1,831	53,879
26	2040	0,497	0,601	3,200	1,923	51,956
27	2041	0,522	0,631	3,200	2,020	49,936
28	2042	0,548	0,663	3,200	2,121	47,815
29	2043	0,575	0,696	3,200	2,228	45,587
30	2044	0,604	0,731	3,200	2,339	43,248
31	2045	0,635	0,766	3,200	2,457	40,791
32	2046	0,668	0,804	3,200	2,580	38,211
33	2047	0,700	0,847	3,200	2,710	35,501
34	2048	0,735	0,896	3,200	2,846	32,655
35	2049	0,772	0,954	3,200	2,989	29,667
36	2050	0,811	1,021	3,200	3,139	26,528
37	2051	0,851	1,090	3,200	3,295	23,232
38	2052	0,894	1,162	3,200	3,462	19,772
39	2053	0,939	1,236	3,200	3,635	16,135
40	2054	0,986	1,313	3,200	3,816	12,317
41	2055	1,034	1,393	3,200	4,010	8,307
42	2056	1,086	1,476	3,200	4,211	4,095
43	2057	1,142	1,562	3,200	4,422	-0,326
44	2058	1,199	1,651	3,200	4,644	-4,970
45	2059	1,260	1,744	3,200	4,877	-9,809
46	2060	1,323	1,841	3,200	5,122	-14,870
47	2061	1,389	1,941	3,200	5,379	-20,190
48	2062	1,459	2,046	3,200	5,648	-25,809
49	2063	1,532	2,154	3,200	5,933	-31,756
50	2064	1,609	2,267	3,200	6,231	-38,160

Figura 4 Cálculo de la amortización económica de la solución "fachada vegetal tradicional". Fuente: elaboración propia.

### 4.3. Doble piel vegetal malla

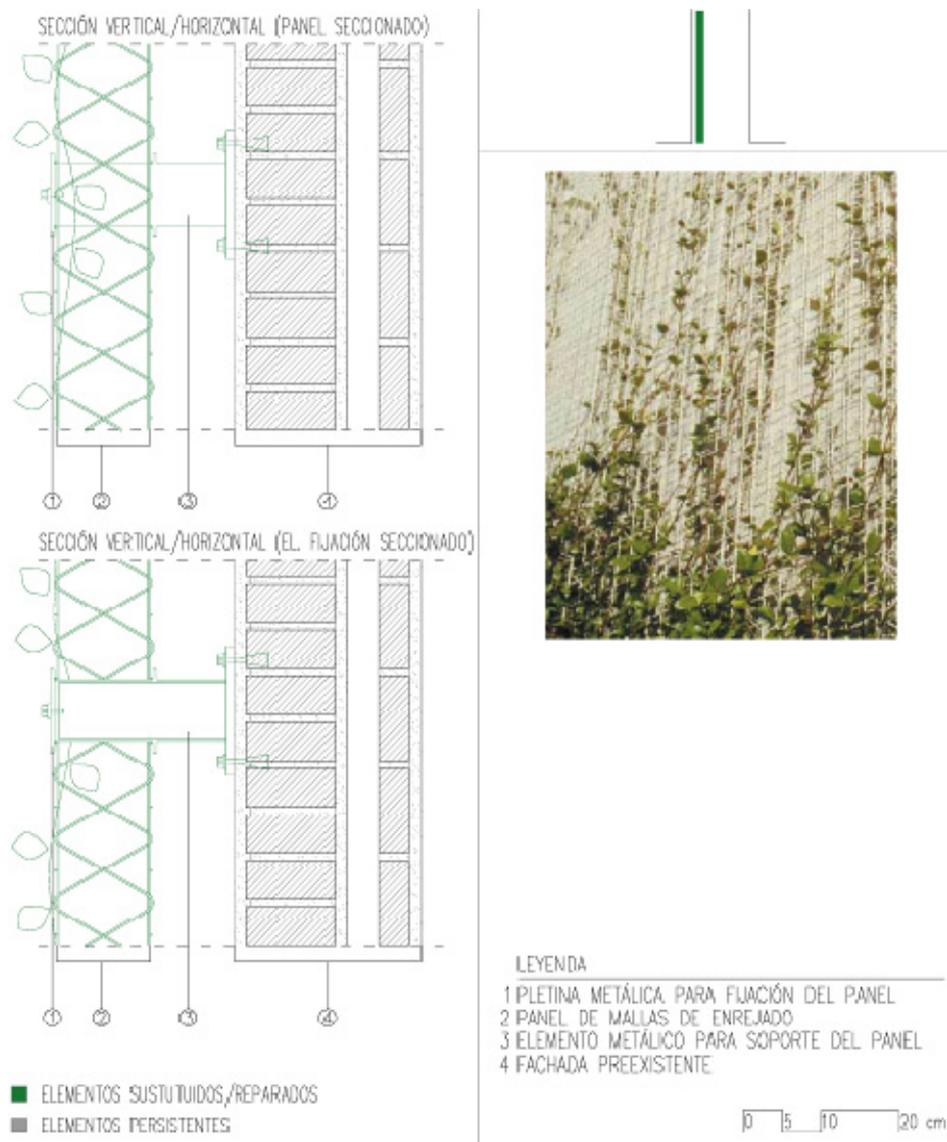


Figura 5. Doble piel vegetal malla. Fuente: elaboración propia.

La doble piel vegetal es un jardín autoportante, dotado de unas características técnicas que garantizan la proliferación de las plantas en un lugar que a priori no iba destinado a ellas. Este sistema se basa en las fachadas vegetales tradicionales, pero con la diferencia de que las plantas utilizan una superficie vertical, como un enrejado de acero galvanizado o alambres, como apoyo estructural, o una estructura auxiliar en la que crecen.

Previamente a la instalación de este tipo de soluciones deberá ser considerada la capacidad portante de la fachada, determinando si ésta es apta para soportar las solicitaciones de carga de la solución.

Una fachada totalmente cubierta de vegetación puede proteger de la radiación solar en verano ya que las hojas pueden reflejar o absorber entre el 40% y el 80% de la radiación solar recibida, dependiendo de la cantidad y el tipo de vegetación. Permiten la entrada de luz diurna en invierno con plantas de hoja caduca.

Estas soluciones pueden ser utilizadas también en la rehabilitación de la envolvente de edificios ya existentes.

#### Descripción básica:

- Sin estrato vegetal.
- Transmitancia estimada de la fachada base:  $U=1,32 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Eficiencia según tipo de hoja: en caso de hoja perenne, el gasto en invierno en calefacción puede aumentar; la hoja caduca será la más favorable dado que en invierno permite calentar los paramentos y los protege en verano.
- Variación de temperatura:  $-2,5^\circ\text{C}$  en verano

**Estimación ahorro anual = 3,2 kWh/m<sup>2</sup>**

**Coste de ejecución material estimado de la solución: 100,85 €/m<sup>2</sup>**

01_B_19_AC1_S2	<b>Doble Pel Vegetal Estalla</b>	Malla electrosoldada 2x15 cm	6,45	
		Lanzadera	14,33	
		Alcorno	1,0	
		Mantillo	2	
		Planta trepadora	26,64	
		Mano de obra	32,32	
			<b>100,85</b>	

#### Coste de mantenimiento anual estimado:

No se han considerado, se ha calculado el plazo de amortización de la inversión inicial para la ejecución de la solución.

#### 4.4. Paneles precultivados

El sistema de fachadas vegetadas mediante paneles precultivados consiste en un sistema conocido como de "paredes vivas" (living walls) se trata de sistemas en los que la estructura del edificio incorpora un medio de crecimiento para las plantas. Este concepto es relativamente nuevo y se usa sobre todo para fachadas, pero también, para paredes interiores.

Los paneles precultivados hacen de soporte de la vegetación formada por plantas que pueden adaptarse a crecer en vertical (tapizantes, helechos, pequeños arbustos, perennes de flor, etc.)

Las plantas en posición vertical deberán regarse de forma artificial, ya que en muchas ocasiones recibirán muy poca agua de lluvia. La mayoría de los sistemas actuales cuentan con un sistema de riego automatizado y computarizado para aportar óptima cantidad de agua con nutrientes a todas las zonas de la pared.

Estimación de la amortización de la inversión para la ejecución de la solución: 01_B_I9_AC1_32 Fachada vegetal mediante malla						
	Año	Precio de la energía (€/kWh)	Frecia de la energía con IVA (€/kWh)	Ahorro en climatización estimado (kWh/m2)	AHORRO €/M2	AMORTIZACIÓN
0	2014	0,139	0,158	3,200	0,538	100,850
1	2015	0,146	0,177	3,200	0,565	100,285
2	2016	0,153	0,186	3,200	0,594	99,691
3	2017	0,161	0,195	3,200	0,623	99,068
4	2018	0,169	0,205	3,200	0,655	98,413
5	2019	0,178	0,215	3,200	0,688	97,726
6	2020	0,186	0,226	3,200	0,722	97,003
7	2021	0,195	0,237	3,200	0,758	96,245
8	2022	0,204	0,249	3,200	0,796	95,449
9	2023	0,214	0,261	3,200	0,836	94,612
10	2024	0,227	0,274	3,200	0,878	93,734
11	2025	0,238	0,288	3,200	0,922	92,812
12	2026	0,250	0,303	3,200	0,969	91,843
13	2027	0,263	0,318	3,200	1,017	90,825
14	2028	0,276	0,334	3,200	1,066	89,757
15	2029	0,290	0,351	3,200	1,122	88,635
16	2030	0,304	0,368	3,200	1,178	87,456
17	2031	0,320	0,387	3,200	1,238	86,219
18	2032	0,336	0,406	3,200	1,300	84,919
19	2033	0,353	0,427	3,200	1,365	83,554
20	2034	0,370	0,448	3,200	1,433	82,121
21	2035	0,389	0,470	3,200	1,505	80,615
22	2036	0,408	0,494	3,200	1,581	79,034
23	2037	0,429	0,519	3,200	1,660	77,374
24	2038	0,450	0,545	3,200	1,744	75,630
25	2039	0,473	0,572	3,200	1,831	73,799
26	2040	0,497	0,601	3,200	1,923	71,876
27	2041	0,522	0,631	3,200	2,020	69,855
28	2042	0,548	0,663	3,200	2,121	67,735
29	2043	0,575	0,696	3,200	2,228	65,507
30	2044	0,604	0,731	3,200	2,339	63,168
31	2045	0,635	0,768	3,200	2,457	60,711
32	2046	0,666	0,806	3,200	2,580	58,131
33	2047	0,700	0,847	3,200	2,710	55,421
34	2048	0,735	0,889	3,200	2,846	52,575
35	2049	0,772	0,934	3,200	2,989	49,587
36	2050	0,811	0,981	3,200	3,159	46,448
37	2051	0,851	1,030	3,200	3,296	43,152
38	2052	0,894	1,082	3,200	3,462	39,690
39	2053	0,939	1,136	3,200	3,635	36,055
40	2054	0,986	1,193	3,200	3,818	32,237
41	2055	1,036	1,253	3,200	4,010	28,227
42	2056	1,088	1,315	3,200	4,211	24,015
43	2057	1,142	1,382	3,200	4,422	19,594
44	2058	1,199	1,451	3,200	4,644	14,950
45	2059	1,260	1,524	3,200	4,877	10,072
46	2060	1,323	1,601	3,200	5,122	4,950
47	2061	1,389	1,681	3,200	5,379	-0,430
48	2062	1,459	1,765	3,200	5,649	-6,079
49	2063	1,532	1,854	3,200	5,933	-12,012
50	2064	1,609	1,947	3,200	6,231	-18,243

Figura 6 Cálculo de la amortización económica de la solución “doble piel vegetal malla”.  
 Fuente: elaboración propia.

Previamente a la instalación de este tipo de soluciones deberá ser considerada la capacidad portante de la fachada, determinando si ésta es apta para soportar las sollicitaciones de carga de la solución.

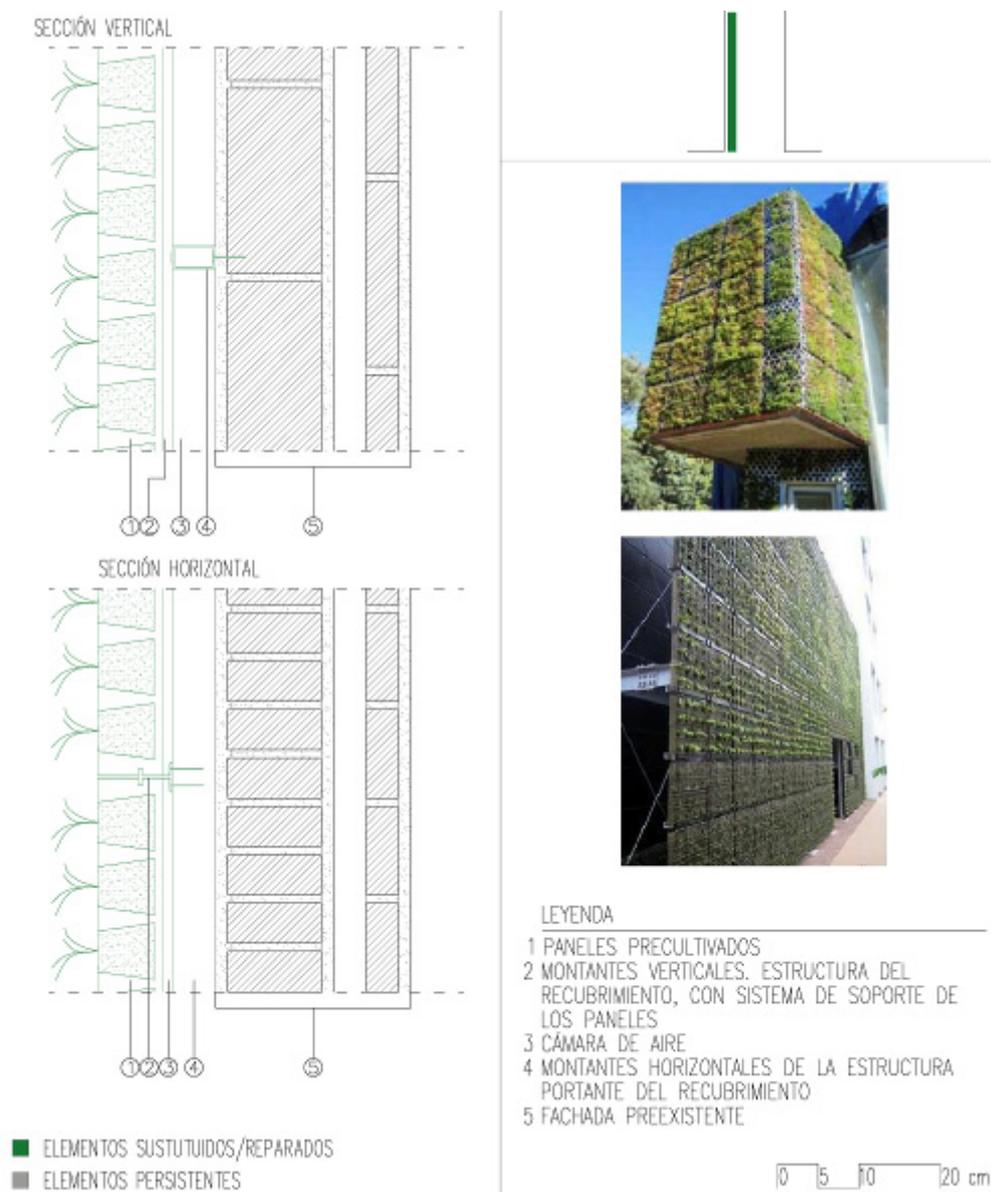


Figura 7. Paneles precultivados. Fuente: elaboración propia.

**Descripción básica:**

- Con estrato vegetal
- Influencia del tipo de planta en cuanto a humedad, transpiración, etc.
- Variación de U:
- Trasmittancia estimada de la fachada base:  $U=1,32 \text{ W/m}^2\text{K}$

- Transmitancia estimada de la fachada base con mejora mediante solución de fachada vegetal (estrato 10 cm):  $U=1,05 \text{ W/m}^2\text{K}$

**Cálculo de la transmitancia térmica de la fachada mejorada:**

Material	Conductividad térmica	Espesor	Resistencia térmica	Transmitancia total
Capa tierra vegetal	0.52	0.1	0.19	1.05
Enfoscado exterior	1.8	0.015	0.01	
Ladrillo perforado Mortero (30%)	0.35 1.3	0.115	0.18	
Cámara de aire	0.1875	0.03	0.16	
Ladrillo hueco Mortero (11%)	0.32 1.3	0.07	0.16	
Guarnecido de yeso	0.57	0.015	0.03	

**Estimación del ahorro energético en régimen de invierno:**

$E_{mes} \text{ (kWh/m}^2\text{)} = U \text{ (W/m}^2\text{K)} \times GD \times n^\circ \text{ horas(mes)/1000}$

**- Diciembre**

Consumo estimado de energía:

$$E_o = 1,32 \text{ W/m}^2\text{K} \times 223\text{K} \times 10 \text{ h/1000} = 2,94 \text{ kWh/m}^2$$

$$E_{final} = 1,05 \text{ W/m}^2\text{K} \times 223\text{K} \times 10 \text{ h/1000} = 2,34 \text{ kWh/m}^2$$

Ahorro estimado diciembre: 0,59 kWh/m<sup>2</sup>

**- Enero**

Consumo estimado de energía:

$$E_o = 1,32 \text{ W/m}^2\text{K} \times 249\text{K} \times 10 \text{ h/1000} = 3,28 \text{ kWh/m}^2$$

$$E_{final} = 1,05 \text{ W/m}^2\text{K} \times 249\text{K} \times 10 \text{ h/1000} = 2,61 \text{ kWh/m}^2$$

Ahorro estimado enero: 0,66 kWh/m<sup>2</sup>

**- Febrero**

Consumo estimado de energía:

$$E_o = 1,32 \text{ W/m}^2\text{K} \times 201\text{K} \times 10 \text{ h/1000} = 2,65 \text{ kWh/m}^2$$

$$E_{final} = 1,05 \text{ W/m}^2\text{K} \times 201\text{K} \times 10 \text{ h/1000} = 2,11 \text{ kWh/m}^2$$

Ahorro estimado febrero: 0,54 kWh/m<sup>2</sup>

**- Marzo**

Consumo estimado de energía:

$$E_o = 1,32 \text{ W/m}^2\text{K} \times 167\text{K} \times 10 \text{ h/1000} = 2,20 \text{ kWh/m}^2$$

$$E_{final} = 1,05 \text{ W/m}^2\text{K} \times 167\text{K} \times 10 \text{ h/1000} = 1,75 \text{ kWh/m}^2$$

Ahorro estimado marzo: 0,44 kWh/m<sup>2</sup>

**Estimación del ahorro acumulado anual en calefacción (régimen de invierno) = 2,23 kWh/m<sup>2</sup>**

### Estimación del ahorro energético en régimen de verano:

Emes (kWh/m<sup>2</sup>)= U(W/m<sup>2</sup>K) x GDR X n° horas(mes)/1000

#### - Junio

Consumo estimado de energía:

$E_o = 1,32 \text{ W/m}^2\text{K} \times 118\text{K} \times 10 \text{ h}/1000 = 1,55 \text{ kWh/m}^2$

$E_{\text{final}} = 1,05 \text{ W/m}^2\text{K} \times 118\text{K} \times 10 \text{ h}/1000 = 1,23 \text{ kWh/m}^2$

Ahorro estimado junio: 0,31 kWh/m<sup>2</sup>

#### - Julio

Consumo estimado de energía:

$E_o = 1,32 \text{ W/m}^2\text{K} \times 176\text{K} \times 10 \text{ h}/1000 = 2,32 \text{ kWh/m}^2$

$E_{\text{final}} = 1,05 \text{ W/m}^2\text{K} \times 176\text{K} \times 10 \text{ h}/1000 = 1,84 \text{ kWh/m}^2$

Ahorro estimado julio: 0,47 kWh/m<sup>2</sup>

#### - Agosto

Consumo estimado de energía:

$E_o = 1,32 \text{ W/m}^2\text{K} \times 186\text{K} \times 10 \text{ h}/1000 = 2,45 \text{ kWh/m}^2$

$E_{\text{final}} = 1,05 \text{ W/m}^2\text{K} \times 186\text{K} \times 10 \text{ h}/1000 = 1,95 \text{ kWh/m}^2$

Ahorro estimado agosto: 0,49 kWh/m<sup>2</sup>

#### - Septiembre

Consumo estimado de energía:

$E_o = 1,32 \text{ W/m}^2\text{K} \times 110\text{K} \times 10 \text{ h}/1000 = 1,45 \text{ kWh/m}^2$

$E_{\text{final}} = 1,05 \text{ W/m}^2\text{K} \times 110\text{K} \times 10 \text{ h}/1000 = 1,15 \text{ kWh/m}^2$

Ahorro estimado septiembre: 0,30 kWh/m<sup>2</sup>

**Estimación del ahorro acumulado anual en refrigeración (régimen de verano) = 1,57 kWh/m<sup>2</sup>**

**Estimación ahorro anual debido a la mejora de la transmitancia= 3,8 kWh/m<sup>2</sup>**

Además la solución vegetal aporta un amortiguamiento en las temperaturas de 2,5° en régimen de verano, por lo que al ahorro anteriormente calculado habría que añadir la estimación **ahorro anual debido a la mejora térmica 3,2 kWh/m<sup>2</sup>**

**Estimación ahorro anual = 7,0 kWh/m<sup>2</sup>**

**Coste de ejecución material estimado de la solución: 524,65€/m<sup>2</sup>**

01_C_11_AC1_S1	Paneles Prefabricados	Panel 620x209 cm	168,10	524,65
		Estructura de aluminio	36,55	
		Medios Auxiliares	3,6	
		Mano de obra	17,17	
		Sistema de agua	4,23	

Estimación de la amortización de la inversión para la ejecución de la solución: 01_C_11_AC1_S1 Paneles precultivados						
Año	Precio de la energía (€/kWh)	Precio de la energía con IVA (€/kWh)	Ahorro en climatización estimado (kWh/m2)	AHORRO €/M2	AMORTIZACIÓN	
0	204	0,139	0,168	7,000	1,177	524,650
1	205	0,146	0,177	7,000	1,236	523,424
2	206	0,153	0,186	7,000	1,299	522,155
3	207	0,161	0,195	7,000	1,364	520,751
4	208	0,169	0,205	7,000	1,432	519,329
5	209	0,178	0,215	7,000	1,504	517,855
6	210	0,186	0,226	7,000	1,580	516,236
7	211	0,196	0,237	7,000	1,659	514,577
8	212	0,206	0,249	7,000	1,747	512,835
9	213	0,216	0,261	7,000	1,830	511,005
10	214	0,227	0,274	7,000	1,921	509,084
11	215	0,238	0,288	7,000	2,018	507,066
12	216	0,250	0,303	7,000	2,119	504,947
13	217	0,263	0,318	7,000	2,226	502,721
14	218	0,276	0,334	7,000	2,337	500,384
15	219	0,290	0,351	7,000	2,455	497,929
16	220	0,304	0,368	7,000	2,578	495,352
17	221	0,320	0,387	7,000	2,707	492,644
18	222	0,336	0,406	7,000	2,843	489,901
19	223	0,353	0,427	7,000	2,986	486,855
20	224	0,370	0,448	7,000	3,136	483,680
21	225	0,389	0,470	7,000	3,293	480,387
22	226	0,408	0,494	7,000	3,458	476,928
23	227	0,429	0,519	7,000	3,632	473,296
24	228	0,450	0,545	7,000	3,814	469,482
25	229	0,473	0,572	7,000	4,006	465,476
26	230	0,497	0,601	7,000	4,207	461,249
27	231	0,522	0,631	7,000	4,418	456,851
28	232	0,548	0,663	7,000	4,640	452,211
29	233	0,575	0,696	7,000	4,873	447,338
30	234	0,604	0,731	7,000	5,118	442,230
31	235	0,635	0,768	7,000	5,374	436,846
32	236	0,666	0,806	7,000	5,644	431,207
33	237	0,700	0,847	7,000	5,928	425,274
34	238	0,735	0,889	7,000	6,225	419,049
35	239	0,772	0,934	7,000	6,538	412,511
36	240	0,811	0,981	7,000	6,866	405,646
37	241	0,851	1,030	7,000	7,210	398,435
38	242	0,894	1,082	7,000	7,571	390,843
39	243	0,939	1,136	7,000	7,950	382,910
40	244	0,986	1,193	7,000	8,352	374,598
41	245	1,036	1,253	7,000	8,777	365,787
42	246	1,088	1,316	7,000	9,227	356,576
43	247	1,142	1,382	7,000	9,704	346,902
44	248	1,199	1,451	7,000	10,209	336,743
45	249	1,260	1,524	7,000	10,649	326,073
46	250	1,323	1,601	7,000	11,205	314,848
47	251	1,389	1,681	7,000	11,767	303,101
48	252	1,459	1,765	7,000	12,358	290,743
49	253	1,532	1,854	7,000	12,979	277,744
50	254	1,609	1,947	7,000	13,630	264,134

Figura 8 Cálculo de la amortización económica de la solución "paneles precultivados". Fuente: elaboración propia

## 5. Conclusiones

En cuanto a las soluciones concretas de fachadas vegetales:

- Una fachada o una cubierta verde supone una inversión adicional, especialmente en el caso de la intervención en edificios existentes, pues el ahorro económico debido a la disminución en el consumo de energía se observa después de un plazo largo, mayor aún si consideramos los gastos de mantenimiento que suponen este tipo de soluciones. Por lo que conviene recordar otras ventajas que suponen las fachadas y cubiertas vegetales que no se han considerado directamente en el cálculo del plazo de amortización económica.

- Ventajas de la vegetación de edificios<sup>5</sup>:

A escala del edificio:

- Regulación térmica de edificios, con el consiguiente ahorro energético.
- Aislamiento térmico de los edificios.
- Sombra. Interacción con la radiación solar.
- Enfriamiento evaporativo.
- Variación el efecto del viento sobre la edificación.
- Aislamiento acústico de los edificios.
- Protección de las membranas impermeabilizantes, de la degradación por efecto de los rayos ultravioletas, por las fluctuaciones de temperatura extremas, por el tránsito peatonal, etc.
- Mejora visual del edificio, especialmente en medianeras y fachadas posteriores.

A escala urbana:

- Retención del polvo y de partículas en suspensión de metales contaminantes que quedan absorbidos por el componente planta - sustrato.
- Retención del agua de lluvia, disminución de las escorrentías y, mediante la evapotranspiración, mejora el grado de humedad atmosférica.
- Reducción del efecto de isla de calor en grandes ciudades. Fomenta las corrientes de aire a través de los llamados "pasillos verdes" que pueden conectar las zonas verdes interiores (parques y jardines), con los anillos verdes del exterior. Renovación de masas de aire a través de los pasillos verdes urbanos.
- Retención de CO<sub>2</sub>.
- Reducción del ruido.
- Aumento de la biomasa y soporte de la biodiversidad en la ciudad.

- La rehabilitación, con criterios energéticos, supone ventajas directas e indirectas.

Directas: supone ventajas en temas energéticos, económicos y sobre el cambio climático, si se enfoca al ahorro de energía durante el uso del edificio.

Entre las ventajas indirectas: contamos con la generación de empleo, colaborar en mejorar el bienestar social, desarrollar la actividad y la industria local para fabricación de materiales, etc.

- La envolvente térmica y, la demanda energética del edificio son los parámetros de referencia. La demanda del edificio, supone la primera actuación, y para esto los esfuerzos deben ir dirigidos a su, mejora y eficiencia, con pequeñas intervenciones, tan elementales como introducir aislamientos y mejorar los huecos, para adecuar gran parte de las edificaciones a unos valores de demanda adecuados.

- Los costes de implantación y mantenimiento centran la inversión. La inversión para la rehabilitación energética, se basa en el coste de instalación y mantenimiento de los sistemas de climatización y ACS, con una vida útil más reducida que los componentes de la envolvente térmica., por lo que la viabilidad radica en el coste de los sistemas de energías.
- El precio de la energía, como incógnita. La incertidumbre en la evolución de los precios provoca escepticismo en torno a las inversiones necesarias.

## 6. Bibliografía

- IDAE, "Informe anual de consumos energéticos. Año 2007. ," edición, 2009.
- INE, "Encuesta de hogares y medio ambiente," edición, 2008.
- Cuchi A., "Sobre una estrategia para dirigir al sector de la edificación hacia la eficiencia en la emisión de gases de efecto invernadero (GEI)," ed. España: Ministerio de Vivienda, 2007
- IDAE, "Condiciones de aceptación de procedimientos alternativos a Lider y Calener.," 2009.
- E. Azpilicueta, "Hacia un óptimo energético. Instalaciones y energía". *Revista Tectónica vol. 31*
- Ministerio Fomento, IDAE (1999). *Fundamentos Técnicos de la Calificación Energética de Viviendas*. Ministerio de Fomento Centro de Publicaciones.
- UNE EN ISO 7730:1996: "Ambientes térmicos moderados. Determinación de los índices PMV y PPD y especificaciones de las condiciones de aire para el bienestar térmico". AENOR 1996
- ASHRAE HANDBOOK, "Fundamentals SI Edition 1993. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc." 1791. Tullie Circle, N.E., Atlanta, GA 30329.404-636-8400
- OLGAY Víctor. "Arquitectura y Clima. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas, traducción de Josefina Frontado y Luís Clavet". Barcelona: Gustavo Gili, 1998
- César Bedoya y Francisco Javier Neila. "Las técnicas de acondicionamiento ambiental: fundamentos arquitectónicos". Madrid: Escuela Técnica Superior de Arquitectura D.L., 1992.
- NEILA F.J. *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*. Madrid. Ed. Munilla – Lería, 2004. ISBN: 84-89150-64-8.
- OTTELEÁ M., PERINIB K., FRAAIJ A., HAASA E., RAITERI R. Comparative life cycle analysis for green facades and living wall systems. *Energy and Buildings Volume 43, Issue 12, December 2011, Pages 3419–3429.*

### Agradecimientos:

El documento aquí presentado forma parte del trabajo realizado por investigadores del grupo de investigación HATUPASO de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Málaga. Este grupo ha participado en el proyecto de investigación 8.06/3.14.3573 CDTI "Rehabilitación sostenible de edificios" (RS) desarrollado con Fondos Tecnológicos del CDTI. Empresa contratante: FCC Construcción S.A.

## Referencias:

- 1 IDAE, "Informe anual de consumos energéticos. Año 2007. ," Edición, 2009.
- 2 El consumo de energía para calefacción los meses que presentan valores GD-20 inferiores a 167, según la "Guía técnica. Condiciones climáticas exteriores de proyecto" publicada por el IDAE, se ha considerado despreciable.
- 3 El consumo de energía para refrigeración los meses que presentan valores GDR-20 inferiores a 110, según la "Guía técnica. Condiciones climáticas exteriores de proyecto" publicada por el IDAE, se ha considerado despreciable.
- 4 El cálculo del ahorro energético estimado para las soluciones vegetales cuya amortiguación térmica se ha valorado en 2,5°C en regimen de verano se ha justificado para la solución 01\_B\_I9\_AC1\_S1 Fachada vegetal tradicional.
- 5 Tesis doctoral: Fachadas vegetadas. Autor: Gabriel Pérez i Luque. ETSAB UPC 2010