

Madrid ha cerrado 2014 con 263.279 viviendas vacías. Para competir en este mercado es necesario plantear propuestas radicales. Nuestra propuesta incrementa las cualidades de ahorro energético de las viviendas hasta unos límites nunca realizados en nuestro país, aplicando algunas tecnologías constructivas que son habituales en otros países de Europa, o que en España solo se habían utilizado para edificios públicos o viviendas unifamiliares.

La propuesta PASIVACTIVA propone **90 viviendas** repartidas en tres volúmenes que emergen sobre rasante, y que comparten las dos plantas del sótano:

- **El volumen principal**, situado al norte de la manzana, contiene **61 viviendas** a las que se accede mediante cuatro núcleos de comunicación vertical. En él se localizan 37 viviendas de 3 Dormitorios, 12 viviendas de 2 Dormitorios y 12 viviendas de 4 Dormitorios.
- **El volumen este** cierra la medianera del edificio existente. Cuenta con **15 viviendas** distribuidas a ambos lados de un núcleo de comunicación vertical que conecta con el garaje mancomunado. En él se disponen de 9 viviendas de 2 Dormitorios y 6 de 3 Dormitorios.
- **El bloque oeste**, cierra la otra medianera del edificio actual. Cuenta con **14 viviendas**, una menos que el Este, debido a que en su planta baja se sitúa la rampa de acceso al aparcamiento comunado. En él se disponen de 8 viviendas de 2 Dormitorios y 6 viviendas de 3 Dormitorios.

La propuesta volumétrica evita cerrar la manzana en sus esquinas, dejando una calle abierta que da acceso al jardín interior de manzana. Esta **calle peatonal** sube un metro de desnivel respecto de la calle exterior mediante una rampa a lo largo de los 14.5 metros de profundidad del bloque. De esta manera las viviendas de planta baja adquieren privacidad respecto al exterior. Hacia el interior la privacidad se resuelve con patios y jardines privados.

El **interior de manzana** se plantea de manera muy sencilla. La calle peatonal da acceso perimetralmente a los 6 portales de la propuesta, prolongándose en la calle existente del bloque contiguo. El cuadrado central se divide en tres partes. La primera está ocupada por la piscina ya construida, la segunda la conforma una pista de pádel y la tercera es un jardín con juegos infantiles. La intención de la propuesta es unificar este espacio evitando vallas o tratamientos excesivamente diferenciados en el patio interior de manzana. Todo ello sin renunciar a la posibilidad de ser edificado en dos fases, correspondientes a las parcelas RM 2.1 y RM 2.2.

Las **viviendas** se organizan interiormente por paquetes o filtros de norte a sur. Todas las viviendas son pasantes y disponen de galerías soleadas y ventilación cruzada. Los dormitorios se organizan en la franja Norte del bloque norte, y en la Este de los dos pequeños.

La propuesta PASIVACTIVA propone **doce estrategias de ahorro energético**, seis **Pasivas** de color verde, y seis **Activas** de color naranja. Exponemos pues las doce estrategias a continuación.

PASIVA

SEIS ESTRATEGIAS

Paneles de madera

Se propone una estructura sobre rasante de paneles de madera contralaminada, KLH (cross-laminated timber) que se elaboran con tablas de madera de coníferas estratificadas en cruz. La madera, es un material reutilizable y reciclable, sumidero natural de CO₂, que necesita muy poca energía para su extracción, transformación y producción. La madera utilizada proviene de bosques españoles, con Sistema de Certificación Forestal (PEFC), garantía de la gestión sostenible de los mismos.

La construcción con paneles de madera contralaminada, además de reducir a cero la emisión de CO₂ a la atmósfera, son una solución limpia, rápida y muy precisa para realizar tanto la estructura de los muros perimetrales, como de los forjados y la tabiquería interior.

Aislante térmico

Los paneles de madera contralaminada, junto con el aislante de fibra de madera de 140 mm de espesor, nos asegura transmitancias extraordinariamente bajas: $U_f=0.17 \text{ W (m}^2\text{K)}$, $U_c=0.11 \text{ W (m}^2\text{K)}$, $U_o=0.2 \text{ W (m}^2\text{K)}$, que reducen drásticamente la demanda energética.

Las pieles translúcidas se resuelven con doble lámina de policarbonato celular. Las carpinterías a norte son PVC que gracias a su configuración, y montando un vidrio doble y una triple lámina de policarbonato, alcanza una transmitancia de $U_f=0.9 \text{ W (m}^2\text{K)}$.

Soleamiento eficiente

La disposición y distribución de las viviendas está realizada en función de la orientación. En el bloque orientado norte-sur, se disponen hacia el sur de terrazas, invernaderos, salones y cocinas, mientras que hacia el norte, se sitúan todos los dormitorios y núcleos de comunicación vertical.

En el caso de los testeros este-oeste se disponen los dormitorios hacia el Este, y las terrazas, salones y cocinas hacia el Oeste.

La fachada se pliega en una serie de bandas en cubierta con la inclinación óptima para recibir la radiación para la instalación de paneles solares y fotovoltaicos.

La protección del sol en verano se realiza con los alerones hacia el sur, y con contraventanas en el oeste.

Inercia térmica

En los núcleos de comunicación vertical, tras las pantallas de los ascensores, se sitúan unos almacenes energéticos de grava y tierra vegetal. Estas masas almacenan el calor que le produce el invernadero comunitario que da hacia la fachada sur, y mediante un sistema de ventilación regulado electrónicamente, introduce calor o frío en las viviendas.

Invernaderos privados captan la radiación solar invernal en las fachadas sur del proyecto, calentando el aire que se introduce en las viviendas mediante ventilación cruzada. En verano el alerón de las terrazas evita la radiación directa, llegando el aire fresco de los almacenes de grava situados detrás de los ascensores.

Vegetación

En todas las terrazas-invernaderos de las viviendas situados hacia el sur y el oeste, se recomienda la plantación de plantas de hoja caduca, de manera que en verano filtren la luz y aporten humedad al ambiente, y en invierno, dejen pasar toda la radiación hasta la profundidad de la vivienda.

Los almacenes de inercia térmica, situados en las franjas de los núcleos de comunicación vertical y orientados hacia el sur, contarán con vegetación autóctona de bajo mantenimiento, que aportará frescor y humedad al aire de las viviendas que los flanquean. Estas plantaciones serán regadas mediante agua reciclada.

Ahorro energético CO₂<0

Con el superaislamiento térmico de los paneles de madera y la fibra de madera con su bajísima transmitancia, con la inercia térmica de los pozos de gravas y tierra vegetal, que amortiguan los cambios de temperatura, con las aportaciones calóricas de las galerías acristaladas a sur y oeste, y el frescor de la vegetación en verano, se ahorra enormemente por la mínima necesidad de aporte energético necesario para conseguir la temperatura de confort.

Con la utilización de materiales como la madera en toda la estructura y tabiquería, cuya huella de carbono es cero, y el gran aislamiento térmico, se consigue un edificio con emisiones negativas de CO₂.

ACTIVA

SEIS ESTRATEGIAS

Áreas radiantes + geotermia

La captación de la energía para calefacción, refrigeración y A.C.S. se realizará mayoritariamente mediante un sistema de Geotermia con captador vertical, esto es, una red de tubos penetrarán hasta 80 metros de profundidad, distribuidos en red en toda la extensión del sótano -2, para intercambiar energía con el subsuelo mediante una bomba de calor y acumuladores de agua.

En el interior de las viviendas, la calefacción se distribuirá mediante un sistema de suelo radiante, de manera que se distribuye el calor uniformemente, y en función de los requerimientos de cada estancia según una red de termostatos individuales.

Captadores Cubierta

La morfología de la cubierta está específicamente diseñada para optimizar la captación de la energía solar. Para ello se disponen de una serie de bandas cuya inclinación viene determinada por la optimización de los sistemas de paneles térmicos solares y fotovoltaicos.

En Torrejón de Ardoz, con una latitud de 40.46º, se recomienda que los paneles fotovoltaicos estén orientados hacia el sur con 30º y los térmicos a 40º. Aprovechando estos 10º de diferencia se fragmenta la cubierta, aligerando la sensación de masividad del propio bloque de viviendas, y permitiendo la disposición de 250 m2 de paneles.

Temperados a tiempo real

En el corazón del bloque de 14.5 metros de profundidad se introducen una serie de patios bien temperados, que son cubiertos en invierno por unos paneles de policarbonato con un sistema de heliostatos que redirigen la luz hacia la profundidad.

Una red de sensores regula las aportaciones y consumos energéticos a tiempo real. Los más importantes son los termostatos (sensores de temperatura), en cada estancia habitable, programados semanalmente, y supeditados a un termostato general conectado al móvil para poder ser activado o desactivado desde cualquier lugar. Pero también los de humedad, presencia e iluminación.

Iluminación eficiente

La distribución de los espacios comunes y privados consigue introducir luz natural en todos y cada uno de los espacios interiores de las viviendas. La introducción de los patios temperados disminuye notablemente el consumo eléctrico debido a la ausencia de luz.

La iluminación artificial será con sistemas led de alto rendimiento, y será regulada electrónicamente para aportar lo estrictamente necesario. En los espacios comunes se regula automáticamente, mediante sensores de iluminación y presencia. En las estancias privadas, se ofrecerá la opción de regulación manual y automática.

Ventilación & vaporización

La ventilación de cada vivienda será con un recuperador entálpico localizado en el falso techo. Así, se calienta el aire entrante con el aire saliente, sin contaminar el uno con el otro, gracias a sus filtros interiores.

Los invernaderos, ya sean los individuales o comunitarios, también proporcionarán aire caliente al interior de las viviendas en invierno.

En los días secos y calurosos, vaporizadores localizados en las terrazas generarán frescor en el ambiente, que penetrará mediante ventilación cruzada en las zonas norte de las viviendas.

Aguas recicladas

Bajo la cubierta y las columnas de inercia térmica, en el sótano -1, se sitúan unas cisternas que recogen el agua pluvial para reutilizarla en los WCs, lavadoras, limpieza no personal y riego.

Asimismo, se recuperará las aguas grises provenientes de las duchas, los lavabos y las bañeras, y se conducirán tras una doble depuración biológica y mecánica, en el circuito de los sistemas que no requieren agua potable: cisternas, lavadoras y riego.

Las cisternas de los WC tendrán doble carga para economizar el consumo. Y el riego de los jardines comunes será programado para aumentar su eficiencia.

DEMANDA ENERGÉTICA

El cálculo de la demanda según el HE-1 para una Zona climática de invierno D:

La demanda energética de calefacción no debe superar el valor límite $D_{cal.lim}$

$$D_{cal.lim} = D_{cal.base} + F_{cal.sup}/S$$

$$D_{cal.base} [kW.h/m^2.año] = 27$$

$$F_{cal.sup} = 2000$$

S es la superficie útil de los espacios habitables del edificio, en m²

Asimismo, la demanda energética de refrigeración no debe superar el valor límite $D_{ref.lim}$ no debe superar el valor límite de 15 kW.h/m²-año

Los edificios cuentan con 90 viviendas y 6964 m², con lo que tendría una Demanda límite según la HE-1 de:

$$D_{cal.lim} = D_{cal.base} + F_{cal.sup}/S = 27 + 2000/6964 = 27.3 \text{ kWh/m}^2 \text{ año}$$

Para la exigencia de edificio de consumo de energía casi nulo sería:

$$D_{cal.lim} \times 0.9 = 24.6 \text{ kW.h/m}^2 \text{ año}$$

$$D_{cal.lim} \times 0.9 = 24.6 \text{ kW.h/m}^2 \text{ año}$$

Según el cálculo realizado a través del CENX, la demanda de calefacción de las zonas habitables del edificio sería:

$$D_{cal} = 11.41 \text{ kW.h/m}^2 \text{ año} < 24.6 \quad (\text{demanda de calefacción menor de la límite requerida})$$

$$D_{ref} = 13.61 \text{ kW.h/m}^2 \text{ año} < 15 \quad (\text{demanda de refrigeración menor de la límite requerida})$$

Se adjunta el documento generado por el programa de certificación energética.

PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA

Según el Apéndice E del HEe-1, las transmitancias límites de los elementos de la envolvente térmica para la Zona climática D correspondiente a Madrid establecen unos valores que la propuesta bate con creces, gracias al uso de paneles laminados de madera, aislamiento de fibra de madera, policarbonatos celulares dobles con cámara, y carpinterías con vidrios de alta capacidad aislante.

A continuación se muestran los cálculos de transmitancias de cada elemento y su relación con lo exigido por el HE-1.

CALCULO TRANSMITANCIA FACHADA OPACA U_m

MATERIAL	ESPESOR mm	ρ Kg/m ³	λ W/mK	Calor específico J/KgK
Panel laminado madera	4	430	0.13	1600
Aislante interior panel	80	37.5	0.038	1000
Panel laminado madera	4	430	0.13	1000
Aislante fibra de madera	80	37.5	0.038	1000
Aislante fibra de madera	50	37.5	0.038	1000
Lámina permeable Delta	2	-	-	-
Panel madera Alerce	20	480	0.15	1000

TRANSMITANCIA FACHADA U_m : $0.17 \text{ W/M}^2\text{K} < 0.27 \text{ W/m}^2.\text{K}$ (mucho mejor que lo exigido)

CALCULO TRANSMITANCIA FACHADA TRANSLÚCIDA U_{mT}

MATERIAL	ESPESOR mm	ρ Kg/m ³	λ W/mK	Calor específico J/KgK
Polycarbonato celular	40	4	1.4	
Cámara de Aire	50	0	0.18	
Polycarbonato celular	4	4	1.4	

TRANSMITANCIA FACHADA U_m : $0.31 \text{ W/M}^2\text{K} < 1.8\text{-}2.1 \text{ W/m}^2.\text{K}$ (mucho mejor que lo exigido)

CALCULO TRANSMITANCIA FORJADO INFERIOR U_s

MATERIAL	ESPESOR mm	ρ Kg/m ³	λ W/mK	Calor específico J/KgK
Suelo acabado	15	2350	1.9	1000
Solera hormigo aligerado	80	800	0.27	1000
Panel laminado madera	4	430	0.13	1600
Aislante interior panel	140	37.5	0.038	1000
Panel laminado madera	4	430	0.13	1600

TRANSMITANCIA FORJADO $U_s = 0.2 \text{ W/M}^2\text{K} < 0.34 \text{ W/m}^2.\text{K}$ (mucho mejor que lo exigido)

CALCULO TRANSMITANCIA CUBIERTA U_c

MATERIAL	ESPESOR mm	ρ Kg/m ³	λ W/mK	Calor específico J/KgK
Chapa de Zinc	4	7200	110	380
Mortero con arlita	50	900	0.41	1000
Lámina EPDM	2	1150	0.25	1000
Poliestireno extruido	80	37.5	0.034	1000
Lámina bituminosa	2	1050	0.17	1000
Aislante fibra de madera	140	30	0.038	1000
Panel laminado madera	40	430	0.13	1600
Aislante interior panel	140	37.5	0.038	1000
Panel laminado madera	40	430	0.13	1600

TRANSMITANCIA CUBIERTA U_c : $0.11 \text{ W/M}^2\text{K} < 0.22 \text{ W/m}^2.\text{K}$ (mucho mejor que lo exigido)

CALCULO TRANSMITANCIA HUECOS U_H

En este punto debemos diferenciar las ventanas situadas a norte y este, que reciben menos radiación y necesitan una transmitancia menor, de las orientadas a sur y oeste, que reciben bastante radiación, y que en invierno realizan la función en las terrazas acristaladas de captadores energéticos por el efecto invernadero.

Carpinterías a Norte y Este. Se resuelven con unos óculos pivotantes de pvc. Por ejemplo, las ventanas Schuco Corona SI 82 resuelven en 82mm la fachada que con un doble vidrio con cámara de argón llega a una transmitancia de $U_H=1.1 \text{ W(m}^2\text{K)}$. Sin embargo se añade una contraventana transparente de policarbonato. Una claraboya circular que cierra una cámara de aire entre la ventana de pvc y el hueco. De esta manera la transmitancia se reduce a 0.8, por el efecto de la cámara.

$$U_{Hn}=0.8 \text{ W(m}^2\text{K)} < 1.2-1.4 \text{ W/m}^2\text{.K (mucho mejor que lo exigido)}$$

Carpinterías a Sur y Oeste. Se resuelven con unas balconeras de carpintería maciza de madera de pino de 68mm con un vidrio doble con cámara de argón 4/16/4

$$U_{Hn}=1.2 \text{ W(m}^2\text{K)} < 1.8-2.1 \text{ W/m}^2\text{.K (mucho mejor que lo exigido)}$$

CRITERIOS DE CONSUMO ENERGÉTICO

Según la HE-0, el máximo consumo de energía primaria no renovable por metro cuadrado en las viviendas será de:

$$Cep.lim = Cep.base + Fep.sup / S$$

Siendo para la zona climática D:

$$Cep.base = 60 \text{ [kW.h/m}^2\text{.año]}$$

$$Fep.sup = 3000$$

$$Cep.lim = Cep.base + Fep.sup / S = 60 + 3000 / 6964 = 60.43$$

Para que un edificio se considere como de consume casi nulo, se considera que esta cifra debe reducirse en al menos un 10%, luego quedaría:

$$Cep.lim \times 0.9 = 54.38 \text{ kW.h/m}^2\text{.año}$$

Con el sistema de geotérmica en el subsuelo, y los paneles solares en la cubierta, se espera cubrir un 100% de la demanda energética del edificio con energías renovables.

CONTRIBUCIONES ENERGÉTICAS

La aportación mediante energías renovables debe ser al menos de un 30%. El edificio cuenta con tres fuentes de energía renovables:

- Energía geotérmica. (80% de la demanda energética)
- Energía solar térmica (20% de la demanda energética)
- Energía solar fotovoltaica (para consumo de bombas)

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

Según el cálculo realizado a través del CENX, la demanda de calefacción de las zonas habitables del edificio sería:

$D_{cal} = 11.41 \text{ kw.h/m}^2 \text{ año} < 24.6$ (demanda de calefacción menor de la límite requerida)

$D_{ref} = 13.61 \text{ kw.h/m}^2 \text{ año} < 15$ (demanda de refrigeración menor de la límite requerida)

LA CALIFICACION ENERGÉTICA ES A CON 0.0 EMISIONES DE DIOXIDO DE CARBONO

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL

PC máximo = 0,45 (1.970,80 €/m²u x superficie útil ponderada de viviendas) + 0,40 (1.970,80 €/m²u x superficie útil ponderada de aparcamiento y trasteros)

PC máximo = 0,45 (1.970,80 €/m²u x **6964**) + 0,40 (1.970,80 €/m²u x **1307**) + 0,40 (1.970,80 €/m²u x **384**)

PC máximo = 0,45 (13.719.080) + 0,40 (2.575.835,60) + 0,40 (756.787,20)

PC máximo = 6.173.586+1.030.334,24+302.714,88=7.506.635,12 €

PEM máx = PC x 1/1,19 = 8.932.895,79 €

ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	D3	Uso	Bloque de Viviendas
----------------	----	-----	---------------------

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
<div><div>< 6.8</div><div>A</div></div>	<div><div>0.0</div><div>A</div></div>	CALEFACCIÓN		ACS	
<div><div>6.8-11.1</div><div>B</div></div>		A		A	
<div><div>11.1-17.2</div><div>C</div></div>		Emisiones calefacción [kgCO ₂ /m ² año]		Emisiones ACS [kgCO ₂ /m ² año]	
<div><div>17.2-26.4</div><div>D</div></div>		0.00		0.00	
<div><div>26.4-59.1</div><div>E</div></div>		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
<div><div>59.1-70.9</div><div>F</div></div>	<div><div>-</div><div>-</div></div>	A		-	
<div><div>≥ 70.9</div><div>G</div></div>		Emisiones refrigeración [kgCO ₂ /m ² año]		Emisiones iluminación [kgCO ₂ /m ² año]	
Emisiones globales [kgCO ₂ /m ² año]		0.00		-	

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

2. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN		DEMANDA DE REFRIGERACIÓN	
<div><div>< 9.5 A</div><div>9.5-22.0 B</div><div>22.0-39.7 C</div><div>39.7-66.5 D</div><div>66.5-121.2 E</div><div>121.2-132.1 F</div><div>≥ 132.1 G</div></div>	<div>11.41 B</div>	<div><div>< 4.0 A</div><div>4.0-6.5 B</div><div>6.5-10.0 C</div><div>10.0-15.4 D</div><div>15.4-19.1 E</div><div>19.1-23.5 F</div><div>≥ 23.5 G</div></div>	<div>13.61 D</div>
Demanda global de calefacción [kWh/m² año]		Demanda global de refrigeración [kWh/m² año]	
11.41		13.61	

3. CALIFICACIÓN PARCIAL DEL CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA

Por energía primaria se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes renovables y no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
<div><div>< 30.3A</div><div>30.3-49.1B</div><div>49.1-76.0C</div><div>76.0-116.9D</div><div>116.9-254.4E</div><div>254.4-287.5F</div><div>≥ 287.5G</div></div>	<div>3.54 A</div>	CALEFACCIÓN		ACS	
		A		A	
		Energía primaria calefacción [kWh/m² año]		Energía primaria ACS [kWh/m² año]	
		1.00		1.14	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
		A		-	
Consumo global de energía primaria [kWh/m² año]		Energía primaria refrigeración [kWh/m² año]		Energía primaria iluminación [kWh/m² año]	
3.54		1.39		-	