

Luces y sombras. Bloque abierto *versus* manzana cerrada. Un ejemplo de viviendas bioclimáticas en Torrejón de Ardoz (Madrid)

FLAVIO CELIS D'AMICO
FERNANDO CASA MARTÍN
ERNESTO ECHEVERRÍA VALIENTE¹
Madrid (España), octubre de 2009.

Resumen: La ponencia se centra en el análisis de un barrio residencial tipo situado en la corona metropolitana de Madrid, y de los problemas derivados de la interrelación entre unos planeamientos urbanísticos de ordenación poco sensibles con la sostenibilidad, y una normativa solar incipiente sobrepuesta en los últimos años. La ponencia presenta una aplicación práctica de estas disfunciones, y una comparativa entre distintas soluciones tipológicas: las que se derivan del cumplimiento estricto de la normativa, y aquellas más adecuadas a un aprovechamiento racional de la radiación solar. El análisis se realiza sobre una parcela construida por el equipo redactor de la ponencia, con el consiguiente estudio de las distintas alternativas posibles, así como de otras soluciones de proyecto realizadas en ámbitos similares de la misma urbanización. Las conclusiones se dirigen hacia la formulación de nuevas tipologías de vivienda que a su vez exijan nuevas formas de entender la normativa urbanística desde parámetros más sostenibles.

Hubo una época en la que los arquitectos soñaban con la luz. No fue hace tanto tiempo, sus nombres resonaban en nuestras cabezas de estudiantes con admirada devoción: LE CORBUSIER, BERLAGE, HÄRING, MERCADAL, MEYER, RIETVELD, SARTORIS... Establecían principios irrenunciables en la arquitectura contemporánea, como el soleamiento y la iluminación, y construían edificios como la *Unité d'habitation*; auténticos laboratorios de experimentación sobre las condiciones de la vivienda en relación al entorno, que aún hoy no han sido superados en su complejidad. Hablaban de la importancia de la orientación y de la ventilación, de cómo posicionarse frente al sol y frente al viento, de cómo protegerse o de cómo aprovecharlo (CIAM, 1928). Sorprendentemente, toda aquella experiencia y febril actividad desplegada a lo largo de tantos años de experimentos, algunos fallidos y otros brillantes, continuados por otras generaciones de arquitectos, fue poco a poco relegándose y poniéndose en crisis. La arquitectura moderna, se decía, se olvidó del espacio público; el desarrollo industrial y la especulación inmobiliaria se apropiaron de las formas y de la eficacia constructiva del movimiento moderno para generar periferias urbanas desprovistas de identidad con espacios degradados. Poco importaba la eficacia de las *maquinas de habitar* si el entorno que generaban era inadecuado, e identificaba la incapacidad de gestión de las nuevas demandas sociales con los nuevos espacios en los que se desarrollaban. Una identificación que, pretendiendo ser crítica con ciertas 'ingenuidades' de los planteamientos modernos, como la ineludible correspondencia entre bondad arquitectónica y desarrollo social, caía paradójicamente en la misma banalidad al hacer corresponsable a la arquitectura de la degradación de muchos de los complejos levantados durante el desarrollismo, y que tras las crisis del petróleo de los setenta, se deterioraban social y materialmente.

Curiosamente, la alternativa del urbanismo a los desarrollos inspirados en el movimiento moderno no fue la generación de un nuevo sistema de crecimiento, sino la recuperación de esquemas pre-modernos, cuyos elementos estrella fueron el ensanche en cuadrícula como trama urbana y la manzana cerrada como tipo edificatorio. Aunque los planteamientos teóricos de esta recuperación intentaban camuflar dicha recuperación con el subterfugio de que se establecía un posicionamiento 'crítico' con respecto al ensanche del XIX; en realidad los principios que regían estos desarrollos eran claramente una vuelta al intento de generar *ciudad* a través de la repetición de la tipología burguesa por excelencia. Esto, por contraposición, convertía a los barrios generados desde los principios del movimiento moderno en barrios no-ciudadanos, barrios obreros, barrios dormitorio, socialmente conflictivos, identificados formalmente con el bloque abierto.

Los nuevos desarrollo urbanos en España a partir de los años ochenta, surgidos tras el parón de la crisis económica de finales de los setenta, abandonaron por tanto los esquemas del bloque abierto por la trama ortogonal y la manzana cerrada. Pero el desarrollo de estos nuevos ensanches difería sustancialmente, como no podía ser menos, del ensanche decimonónico en dos aspectos fundamentales. Por un lado, la ocupación del espacio era de dimensiones completamente distintas a los del ensanche tradicional del XIX; tanto en lo que se refiere al tamaño de las calles, como en lo que se refiere al tamaño de las manzanas. Ésto generó enormes espacios vacíos entre edificios. Por otro lado, la cualificación privada de los espacios interiores

¹Profesores en la Universidad de Alcalá (Alcalá de Henares, Madrid), Departamento de Arquitectura (918839283).

de la edificación, unida a la limitación de accesos y a la compacidad perimetral de la manzana, limitó sobremanera la vida urbana que se pretendía regenerar en los nuevos desarrollos (sobre la evolución del tejido urbano y de la manzana como tipso véase EZQUIAGA, 1987). La inserción de agentes económicos muy potentes en la gestión del suelo como los grandes centros comerciales, cuya contrapartida fue la eliminación del comercio minorista, profundizó en la sensación de abandono y despoblamiento de estos nuevos barrios.

Con todo, lo más sorprendente no ha sido la regresión producida en el espacio urbano, sino la producida en la arquitectura; y no sólo en los planteamientos tipológicos, sino sobretudo en las consecuencias ecológicas de los mismos. Todo el trabajo desarrollado durante años por el movimiento moderno entorno a la optimización del espacio, y sobre todo en relación a la orientación y al soleamiento —cuya solución más repetida pasaba por la utilización del bloque abierto en sus varias disposiciones de única crujía, crujías en paralelo o viviendas cruzadas, que determinaban invariablemente dos orientaciones principales longitudinales y que han llenado páginas de estudios sobre la mejor relación entre densidad, anchos de crujía, altura de la edificación y orientación— desaparecen (GROPIUS, 1930). La manzana cerrada significa una vuelta a la edificación isótropa, no direccionada, donde la orientación no es un factor determinante, y por tanto las condiciones de soleamiento para captación solar varían de modo ostensible entre las distintas fachadas; al igual que las condiciones de ventilación en relación a los vientos dominantes, muy importantes en países con temperaturas elevadas en verano.

Con estos planteamientos tardo o postmodernos se han realizado en España la mayor parte de los desarrollos residenciales en altura de los últimos treinta años, especialmente aquellos de la última década. Tipológicamente, la edificación en manzana, dependiendo del ancho de crujía, responde a dos planteamientos muy claros. O bien se constituye una única crujía con doble orientación, de manera que se limita el daño a un 50% al funcionar la manzana como cuatro bloques abiertos colocados en cuadrado y la mitad de ellos más o menos bien orientados (excluyendo las pérdidas por sombra que pueden desarrollar unos bloques sobre otros); o bien se genera una edificación en doble crujía, que permite abaratar los costes de los núcleos de comunicación vertical. En este último caso, que suele ser el más habitual, las viviendas se desarrollan bien al interior de parcela, bien al exterior; con lo que el cúmulo de problemas se incrementa, al impedirse la posibilidad de ventilación cruzada. La propia estructura isótropa de la manzana repercute además en los tipos de vivienda. Determinada por la posición de los portales y de los núcleos de comunicación, así como por el propio carácter de fachada repetida a todas las calles, la estructura de las viviendas en cada una de las orientaciones tiende a ser la misma; por lo que lo habitual es que existan cuatro orientaciones de estancias vivideras y de estancias de dormir, simétricas axialmente entre sí. Esta disposición se contrapone al principio de la buena orientación.

Afortunadamente, en los últimos dos años, el panorama ha iniciado un proceso de cambio. La asunción por parte de la administración de cierta sensibilidad energética, forzada por la necesidad de establecer unos parámetros de eficiencia energética mínimos en la edificación para contribuir al cumplimiento de los acuerdos de Kyoto; ha introducido factores novedosos que determinan nuevos tipos edificatorios. Inicialmente se supuso que las demandas de ahorro energético podrían solventarse únicamente con la utilización de sistemas de captación solar (lo que no comprometía la tipología de las viviendas más allá de la configuración de las cubiertas); pero las normativas, cada vez más exigentes en los aspectos pasivos, se han complementado con medidas como el establecimiento de unas condiciones mínimas tanto en superficies de captación solar como en tiempos mínimos de asoleo, que influyen necesariamente sobre la tipología y forma de la edificación.

El problema surge de la combinación entre un nuevo modo de entender la arquitectura y la ciudad desde parámetros ambientales y de sostenibilidad energética; y un planeamiento urbanístico obsoleto, lastrado por una concepción anti-moderna y arcaizante que se manifiesta normativamente en una arquitectura plegada y constreñida a un formalismo absurdo derivado de una idea neorromántica de la ciudad. Como además los tiempos del urbanismo son dilatados, el daño infligido es mayor; ya que se prolonga indefinidamente esta contradicción entre un tipo de ordenación obsoleta, centrada en los problemas formales, y las nuevas necesidades centradas en principios de sostenibilidad; cuya característica fundamental gira precisamente en torno a la ausencia de respuestas uniformes y rígidas, puesto que hace depender el resultado de la arquitectura, y del urbanismo (si entendemos que puede y debe existir otro tipo de urbanismo) de las condiciones del entorno.

Si tomamos, por ejemplo, los desarrollos del entorno metropolitano de Madrid, la gran mayoría de los nuevos barrios, (denominados Plan de Acción Urbanística (PAU)), tienen su origen en planteamientos urbanísticos de finales de los ochenta y principios de los noventa. Se trata de desarrollos generados principalmente a partir de una trama en cuadrícula que define una tipología de manzana cerrada o semi-

cerrada.² Su desarrollo ha sido tan lento que actualmente, a finales de la primera década del nuevo siglo, muchos de estos nuevos barrios aún no están completamente realizados, y sus tipologías son incapaces de responder de forma adecuada a las nuevas ordenanzas de soleamiento y ventilación. La situación se complica además con algunos procedimientos habituales en los desarrollos urbanísticos, consistentes en la segregación y división de parcelas entre distintos propietarios; de tal forma que se reduce el margen de maniobra arquitectónico, imposibilitando que algunas parcelas puedan cumplir con las ordenanzas solares.

El *Plan Parcial de Soto del Henares*, en Torrejón de Ardoz (Madrid), es una actuación promovida por la empresa pública de suelo *Arpegio*, con una implantación prevista de 6500 viviendas; y en él se puede observar la evolución de este problema. Este plan se definió con unas ordenanzas que incluyen un anexo de especificaciones para el cumplimiento de soleamiento y ventilación sensatas y razonablemente pensadas. Sin embargo, cuando esta ordenanza se confronta con la parcelación del plan y, sobre todo, con la definición arquitectónica de los volúmenes, se presentan numerosas contradicciones.

Normativa	Desarrollo Real
Las edificaciones se orientarán preferentemente con fachadas N-S	El planeamiento se resuelve con manzanas básicamente cuadradas o rectangulares con orientación N-S, por lo que los desarrollos longitudinales de los bloques son mayoritariamente E-O.
Al menos la mitad de la fachada del espacio habitable del edificio debe recibir una hora de sol el 22 de diciembre por encima de un plano horizontal situado un metro por encima del suelo de planta baja y con ángulo de incidencia superior a 17 grados. Además, cada vivienda debe disponer de 1m ² de ventana soleada durante dos horas en la misma fecha y con el mismo ángulo mínimo de incidencia.	En el momento más favorable del 22 de diciembre, entre las 11h. y las 13h., la relación de sombra entre fachadas es aproximadamente de 2 a 1; esto es, es necesaria una separación entre bloques del doble de la altura, para iluminar viviendas en planta baja. Sin embargo, en la misma normativa se admiten distancias mínimas entre bloques de 2/3 de la altura.
Entre las 10 y las 14 horas solares de un 22 de diciembre, al menos un 10% de la superficie del suelo libre total, y en posición adyacente a las fachadas de los edificios, deberá permanecer soleada.	Con la misma relación anterior, para cumplir con dicha normativa en las mejores condiciones de orientación, es necesaria una ocupación máxima de un 50% de la parcela, mientras que en la normativa se permiten ocupaciones superiores al 60%.

La consecuencia del desfase entre la normativa solar y la realidad edificada llevó a la administración a reformar en sentido menos restrictivo las condiciones de soleamiento, debido tanto a las presiones de los agentes inmobiliarios como a la imposibilidad de compaginar esta normativa con la parcelación realizada y con las subparcelaciones realizadas por las permutas y ventas de suelo. Así, se modificó la ordenanza en sentido menos restrictivo: el 22 de diciembre se pedía sólo una hora de sol en el 50% de la fachada y en una sola ventana por vivienda, independientemente de las horas y de los ángulos de incidencia mínimos. Se mantuvo la limitación por sombra en la parcela, pero independiente de su posición con respecto al edificio. Con estas disposiciones atenuantes de la normativa, se podían mantener muchos de los proyectos de viviendas planteados al uso en este tipo de ensanches: viviendas en manzana cerrada o semiabierta, con orientaciones variables y con crujías únicas no pasantes, lo que supuso un alivio para los promotores y una oportunidad perdida para los usuarios.

Como adjudicatarios de un proyecto de 86 viviendas en este plan parcial, nuestra obsesión fue precisamente resolver desde un planteamiento maximalista el aprovechamiento solar de la edificación, resuelto mediante una tipología de bloque abierto; dando así la espalda a los planteamientos que parecían más habituales en el desarrollo del resto de parcelas similares del plan y que a nuestro entender adolecían precisamente de un mejor ajuste en relación a las posibilidades de captación solar (aunque dicho ajuste fuera complejo por la orientación y forma de la parcela asignada).

La parcela presentaba una forma rectangular, con una de las diagonales en dirección N-S, y unas alineaciones a calle SE en la fachada menor y SO en la fachada mayor. Dada la forma de la parcela y las alineaciones permitidas, el desarrollo del plan predeterminaba dos formas distintas de ocupación de la

²Habría que hablar también del urbanismo de baja densidad, una auténtica lacra medioambiental que sin embargo ha vivido unos años de enorme bonanza en España, pero que la extensión del presente escrito no abarca.

parcela: una solución en manzana longitudinal de crujía única, liberando el espacio central; o una solución en bloque en L, con ambos lados alineados a las calles colindantes (véase figura).

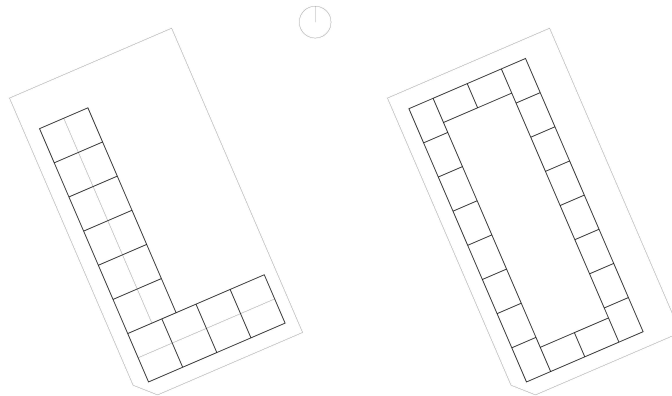


FIGURA 1: Posibilidades de ocupación de la parcela

La solución en L supone un bloque con unidades de vivienda con una sola orientación (la inclusión de patios de manzana, supondría introducir algo de ventilación e iluminación cruzadas, pero dadas las dimensiones de los patios, en realidad sólo aportarían ventajas significativas a las últimas plantas), por lo que aproximadamente el 50 % de las viviendas no tendrían una buena orientación.

La solución en manzana cerrada implica cierta mejora de las condiciones, puesto que en este caso puede optarse por una solución de crujía única, con lo que puede garantizarse la ventilación cruzada. Sin embargo, la normativa de volumetría compromete esta solución, al supeditar la altura de cada uno de los bloques a su situación con respecto a linderos, por lo que en realidad se trataría de desarrollar una falsa manzana, en cuanto que la altura de los bloques no sería equivalente. La cantidad de núcleos de comunicación necesaria para resolver la edificación, así como la desproporción entre longitud de fachada y ancho de crujía, hace esta opción muy costosa desde el punto de vista económico. La disminución de este ratio, aumentando el ancho de crujía hasta una opción viable (9-10m), implica una disminución de anchura del patio de manzana, lo que haría inviable la inclusión de zonas comunes soleadas dentro de la manzana, como los espacios de piscina y solarium (una de las condiciones del promotor).

Las soluciones arquitectónicas que se realizaron en parcelas análogas del mismo plan se decantaron por una solución en L, ya que significaba la opción con más compacidad, a pesar de su mal comportamiento desde el punto de vista de la orientación y ventilación. Por el contrario, nuestro equipo se decantó por una solución en peine de bloque abierto, disponiendo cuatro bloques paralelos de cuatro plantas más ático, de 42 metros de longitud separados unos 16 metros entre ellos; y un bloque transversal de dos plantas, perpendicular a los bloques paralelos que los une entre sí a lo largo de la calle. Las sucesivas plantas van volando y retranqueándose sucesivamente unas sobre otras, desarrollándose en una crujía de entre 10 y 12 metros. Las plantas inferiores del bloque se comportan prácticamente como viviendas adosadas de acceso por urbanización (en duplex con jardín y/o terraza), y las superiores se adaptan a una estructura de vivienda que aprovecha la mayor longitud de crujía de las plantas inferiores para aterrarse. Los áticos, por último, se comportan como las plantas bajas pero de modo inverso, con una estructura de duplex invertido. Esto permite que todas las viviendas tengan, al menos, doble orientación (algunas triple), lo que facilita la ventilación cruzada; y que el 75 % de ellas (el 100 % de las de tres dormitorios) tengan jardín o terraza superior a los $16m^2$.

Los bloques paralelos no son simétricos con respecto a los ejes de acceso (otra solución tipológica habitual en los desarrollos residenciales en manzana), sino que se repiten, con el fin de optimizar las buenas orientaciones. Se orientan de tal manera que las zonas de día y terrazas se encuentran mayoritariamente orientados al SE o al SO, y las zonas de noche al NO y NE. Las únicas viviendas que alteran esta repetición son los duplex de planta baja de los bloques paralelos, que alternan su orientación, situación que se compensa con la diafanidad de las plantas bajas. Los tendederos y cocinas están colocados en las fachadas orientadas al NO, detrás de los núcleos de comunicación vertical.

El patio interior sirve de distribuidor de los accesos a los dúplex de planta baja y de las escaleras y ascensores, siendo una superficie que alterna elementos solados, gravas y vegetación. Los portales se encuentran en la fachada que da a la vía pública, con los cuartos destinados a portería y los dos accesos a las parcelas para bomberos. En el frente SO se encuentra la rampa de acceso al garaje de la planta sótano.

Cada bloque cuenta con dos cajas de escaleras, con luz directa desde la calle. Desde ella, o desde el ascensor situado justo enfrente, se accede a las viviendas, una a cada lado de las escaleras, de tal manera que cada núcleo de comunicación vertical sirve de acceso a unas seis o siete viviendas, ya que los dúplex de planta baja tienen su acceso por el patio interior de la parcela.

La solución así propuesta implica que todas las plantas son distintas, generándose así situaciones diversas, multiplicando la oferta y adaptándose a las distintas orientaciones y vistas (véase figura y figura).



FIGURA 2: Planta general de organización, planta baja y accesos.

Comportamiento bioclimático de la propuesta

La propuesta incorpora exclusivamente elementos de acondicionamiento ambiental pasivos; lo cual ha hecho particularmente intenso el trabajo de proyecto; y ha afinado el grado de respuesta a las solicitudes climáticas mediante la adopción simultánea de criterios de diseño de variada significación y escala; atendiendo a la posición y forma del edificio, a la composición de las fachadas, entrantes y salientes, al diseño de huecos o al uso de materiales o colores.

Los aspectos sobre los que se han desarrollado las estrategias pasivas de diseño se refieren, básicamente, a las siguientes cuestiones:

1. Disposición de los volúmenes:

- Disposición paralela en orientación principal SE-NO, y transversal en orientación SO-NE, para mayor captación solar pasiva en invierno.
- Ubicación preferente de salones en orientación SE o SO, para mayor captación diurna.
- Ubicación preferente de dormitorios en ubicación NE o NO, para minimizar los sobrecalentamientos en verano.

2. Orientación de las viviendas:

- Doble orientación en todas las viviendas paralelas SE-NO, y en las viviendas paralelas a la calle principal, en orientación SO-NE. Ventilación cruzada en todas las viviendas.

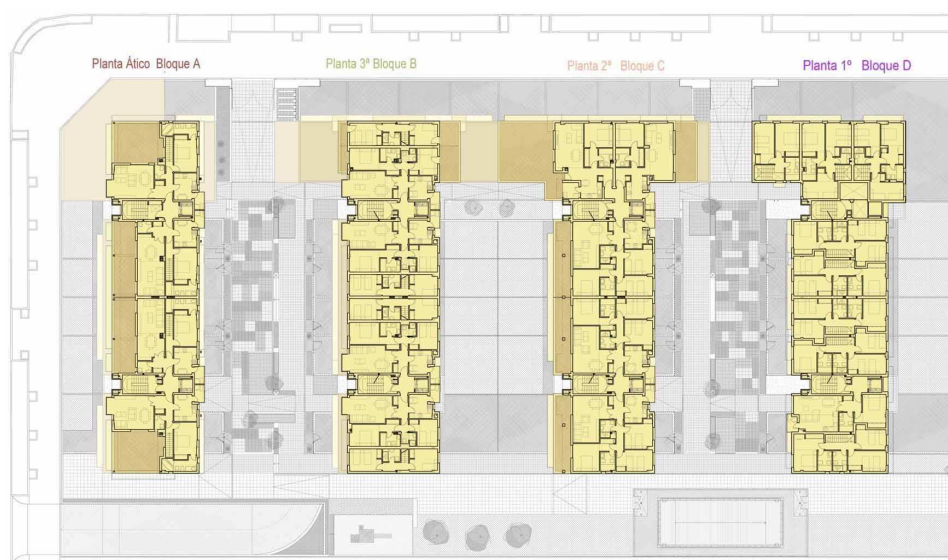


FIGURA 3: Planta tipo

3. Soluciones constructivas de aprovechamiento de energías renovables:

- Dimensionado de huecos para captación solar pasiva. Definición constructiva de forjados de alta inercia (losa de hormigón y forjados de bovedilla de hormigón) para captación solar invernal.
- Parasoles en las ventanas de orientación SE y SO para evitar insolación en verano y sobrecalentamientos en las fachadas sur.
- Utilización de acabados en paramentos de tonos claros para evitar sobrecalentamientos.

4. Sistemas de aprovechamiento de agua:

- Utilización de red separativa de pluviales y aguas sucias en edificación y urbanización.

5. Utilización de materiales no contaminantes, de bajo costo energético o reciclables:

- Se utilizan materiales tradicionales de bajo costo de producción (cerámicos, pétreos, . . .), laminados de maderas que no estén en peligro de extinción, y soluciones constructivas económicas y testadas.

6. Integración en el diseño de soluciones constructivas que racionalicen las canalizaciones:

- Utilización de patinillos de ventilación para la conducción de canalizaciones.

7. Previsión de incorporación de nuevas mejoras:

- Aunque no se han introducido sistemas activos de energías renovables, la configuración plana de las cubiertas y la utilización de patinillos registrables permiten la introducción de sistemas de energía solar o fotovoltaica sin que sea necesaria una intervención excesiva en el edificio.

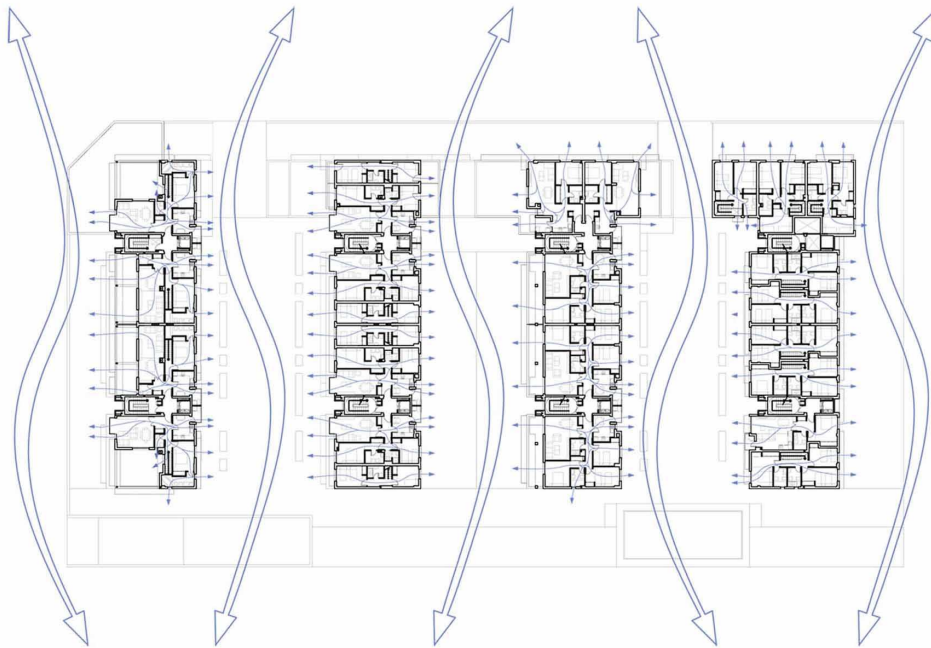
Las decisiones de proyecto se han generado a partir de un detallado estudio de las condiciones climáticas de partida. Se desarrolla a continuación un resumen de las condiciones de entorno analizadas.

El viento

El análisis de las condiciones impuestas por el régimen de vientos en la zona se realizó según datos del *Instituto Nacional de Meteorología* para la región de Madrid y teniendo en cuenta la disposición geográfica. No existen en la proximidad obstrucciones geográficas importantes que alteren sustancialmente los valores de velocidad, dirección y frecuencia reflejados en el cuadro y el cuadro .

De estos datos se derivan las siguientes conclusiones iniciales:

Aprovechamiento de vientos y ventilación cruzada



Funcionamiento climático invernal

Funcionamiento climático estival

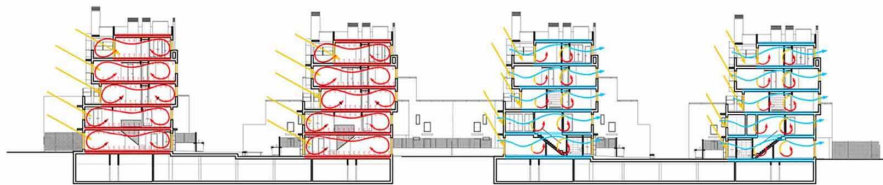


FIGURA 4: Funcionamiento climático de la propuesta

CUADRO 1: Vientos dominantes y velocidades medias (datos de valores medios según estación del año, y en situación diurna y nocturna)

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología

	Primavera		Verano		Otoño		Invierno	
	Día	Noche	Día	Noche	Día	Noche	Día	Noche
Dirección	SO	NE	SO	NE	SO	NO	NE	NE
Velocidad	13,9	10,8	12,4	10,8	9,3	9,0	11,7	11,0

CUADRO 2: Datos de viento por meses

Fuente: *Instituto Nacional de Meteorología*

Meses	Calmas	Velocidad media	Dirección dominante	Rachas	
				Veloc. (km/h)	Direcc.
Enero	39	15,5	SO	97	O
Febrero	31	16,2	SO	91	O
Marzo	25	17,7	SO	116	O
Abril	23	17,0	SO	86	O-NO
Mayo	22	15,8	SO	91	SO
Junio	27	14,5	NE	102	SO
Julio	26	14,3	NE	111	N
Agosto	25	14,2	SO	93	SE
Septiembre	38	13,2	SO	97	SO
Octubre	44	13,2	SO	85	O
Noviembre	39	15,8	NE	95	O
Diciembre	45	17,3	SO	106	SO

Datos de valores medios según meses, con la aportación de índice de calmas, y rachas de mayor incidencia

- Las mayores frecuencias anuales de dirección del viento corresponden a la orientación SO, seguida de la NE con escasa diferencia.
- Las velocidades medias son más elevadas en la orientación SO, lo que implica una mayor facilidad para la penetración del aire en la zona. Las mayores velocidades medias mensuales por rumbo corresponden al N (26 km/h en noviembre) y al NO (25 km/h en enero).
- Las velocidades medias menores se dan en la orientación E, en noviembre y diciembre (7 km/h).
- Las rachas de vientos más elevadas son de orientación O, con valores de 117 km/h. El valor medio de las rachas es de 89 km/h.
- Las calmas en la zona, considerando como tales los vientos entre los 0 y los 5,9 km/h, son del 49%.

Si se incorpora esta información al entorno físico de la parcela, podemos establecer las siguientes conclusiones de entorno próximo:

- Las velocidades de viento son medias, y todas las medias quedan dentro de la denominada *sensación débil*; es decir, no suponen molestias.
- El porcentaje de calmas es muy elevado, siendo entorno al 40 % desde septiembre a enero (inclusive); por lo que en invierno es necesario un grado bajo de protección.
- Existe la posibilidad de aprovechamiento del viento en verano para refrigeración.
- Podemos considerar que las peores rachas son las procedentes del SE en agosto, ya que probablemente traigan aire recalentado, y no se dispone de protección otorgada por obstáculos edificados.

La disposición de los bloques, con orientación abierta SO, permite la ventilación de las fachadas opuestas de mayor longitud y la ventilación de la urbanización en los meses calurosos de verano. La permeabilidad entre bloques, sin considerarse una obstrucción del viento, permite su circulación de forma tangencial a la superficie, y es posible por tanto poder aprovechar su incidencia con la apertura de las ventanas en fachadas opuestas; permitiendo así ventilaciones cruzadas.

Interacción de Temperatura y Humedad. Diagramas de Givoni y Olgyay

Con los datos disponibles del *Instituto Nacional de Meteorología*, se prepararon sendos diagramas de interpretación de la situación climática y de las estrategias de adecuación de las edificaciones a las condiciones existentes a lo largo del año. El diagrama de Givoni aporta principalmente información relativa a las condiciones interiores de la edificación, mientras que el diagrama de Olgyay aporta la información relativa a circunstancias exteriores (véase figura) (DA CASA, 2000).

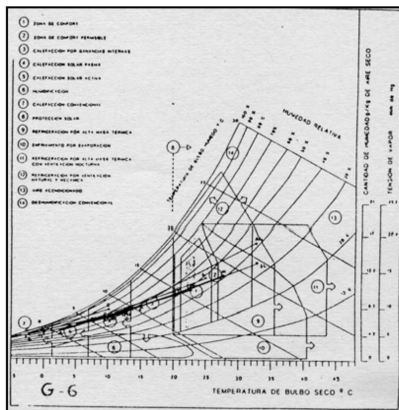


Diagrama de Givoni

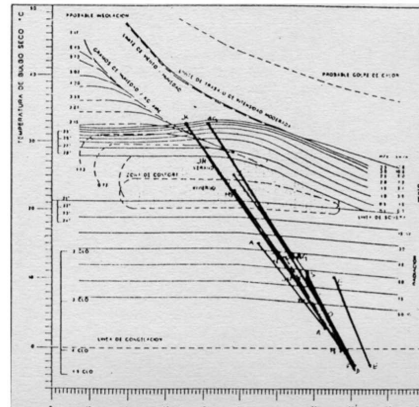


Diagrama de Olgay

FIGURA 5: Diagramas de Givoni y Olgay

Conocidas las características climáticas y ambientales de la parcela en relación a su entorno próximo, se procedió a determinar las necesidades de climatización para alcanzar las condiciones de confort en el interior del edificio.

- *Necesidades de calefacción.* Uso de calefacción convencional durante los meses de noviembre a marzo, adopción de estrategias de calefacción por aprovechamiento solar de forma pasiva, de mayo a septiembre, y de forma activa, en abril y octubre.
- *Necesidades de refrigeración.* Se determinan solamente dos meses de incidencia real —julio y agosto— y las estrategias de adopción serían el aprovechamiento de la alta masa térmica, con y sin ventilación nocturna, y la refrigeración por evapotranspiración o por ventilación natural o mecánica.

A partir del análisis conjunto de la situación climática y de las necesidades obtenidas, se plantearon los criterios básicos (estrategias) de actuación y adaptación bioclimática para adoptarlos en el diseño de la propuesta y en sus soluciones constructivas; de tal manera que se pudieran compatibilizar las respuestas frente a las solicitaciones de invierno (calefacción) y verano (refrigeración). Con respecto a las primeras, la opción más recomendable era el aprovechamiento de la energía solar pasiva, junto a la instalación de equipos de calefacción convencional en los meses más fríos. Con respecto a las segundas, lo más adecuado era el aprovechamiento de la ventilación natural cruzada e inducida. Complementariamente, se debían instalar parasoles en las fachadas SO y SE para minimizar el sobrecalentamiento en verano. La utilización de tonos claros en los revestimientos exteriores también incidía en la reflexión de la radiación en los meses cálidos. La alternancia en la colocación de aislamientos y masa según se tratase de elementos constructivos captadores o disipadores, podía mejorar el rendimiento térmico del conjunto.

Las soluciones adoptadas, a partir de estos análisis, fueron las siguientes:

■ **Funcionamiento invernal.**

- Se dispusieron los espacios de captación y acumulación solar en las fachadas SE y SO. Debido a la orientación de los bloques todas las viviendas disponen de captación solar completa que permite la entrada de sol hasta una profundidad mayor. El uso de doble acristalamiento térmico en todos los huecos evita pérdidas y permite la captación.
- La acumulación se produce en los elementos más masivos, como los forjados (capa de compresión y bovedillas de hormigón en los forjados intermedios de piso). La localización de las zonas de acumulación se concentra en las zonas vivideras de día (salones).
- La distribución del calor acumulado se produce de forma directa a las estancias captoras, y mediante la comunicación por el espacio superior de la banda central (falso techo técnico), se aporta aire precalentado a los espacios de orientación norte.

■ Funcionamiento estival.

- Se aprovechan los vientos principales de dirección SO-NE, según el mes. Se facilita la entrada del viento existente por la situación oblicua y no tangente de la fachada a la trayectoria del viento, captado por las fachadas NO, durante mayo, agosto y septiembre, y por las fachadas SO durante junio y julio. Dada la tipología arquitectónica de las viviendas, todas las ventilaciones son cruzadas.
- Dado que la acumulación del calor se produce principalmente en las fachadas SO y SE, en correspondencia con los salones, se disponen parasoles en estas fachadas para impedir o mitigar la radiación directa estival. Los forjados de dormitorios, orientados principalmente a NO y NE, actúan como elementos disipadores del calor, en colaboración con la ventilación nocturna.
- La cubierta no transitable se trata como un elemento fuertemente aislado, con doble aislamiento: aislamiento general sobre el forjado y aislamiento interno realizado con bovedillas de poliestireno expandido de alta densidad. La utilización de grava como elemento de protección aporta retención de humedad por rocío.

Condiciones de soleamiento

De todos los condicionantes analizados, las necesidades de captación pasiva se convirtieron en uno de los más importantes, pues sin un soleamiento adecuado es imposible aprovechar ningún aporte solar efectivo. Aunque el cumplimiento de la normativa solar expuesto anteriormente era importante, más aún lo era que la mayor parte de la edificación cumpliera unos estándares bastante superiores al mínimo exigido. La organización y disposición de los bloques en la parcela responden a esta filosofía de máxima exigencia en lo referido al soleamiento de la edificación (véase figura).

La disposición de los cuatro bloques principales, con orientación SE, y del bloque lateral, con orientación SO, favorecen la disposición de una gran cantidad de superficie captora (véase figura).

La fachada más desfavorable, como se indica en la figura , es la que tiene menor separación con el bloque anterior, y por tanto éste se comporta como la mayor obstrucción solar.

El soleamiento mínimo exigido es de una hora en el 50% de la fachada. Si se comprueba en la fachada más desfavorable la sombra existente entre las 15 y las 16 horas del 22 de diciembre, se obtiene la sombra arrojada representada en el alzado en la figura . La superficie total de esta fachada es de 620,30 m² y la superficie soleada de 15 a 16 h es de 508,02 m², lo que se corresponde con un porcentaje de superficie soleada del 81,90%.

El soleamiento mínimo exigido también es de dos horas en al menos una estancia vividera de cada una de las viviendas. Dado que la distribución de viviendas es tal que todas disponen de dos orientaciones, siempre hay estancias vivideras en fachadas captoras (en la planta de la figura se puede observar la disposición de las estancias en cada una de las viviendas).

Analizando las situaciones más desfavorables, se pueden determinar dos puntos problemáticos, a dos escalas distintas: el conjunto de la fachada SE del segundo bloque transversal; y la vivienda duplex de planta baja, situada junto al local comercial, en la fachada SO.

En el primer caso, hemos analizado la tendencia de evolución de la sombra a partir de las dos últimas horas del día 22 de diciembre. Como el sol se pone a las 16.40, se adjuntan dos alzados, uno con el análisis de la sombra a las 14:30 y otro a las 15:00 (véase figura).

En estos alzados se observa que las viviendas con mayor grado de sombra son las de planta baja y primera. Al tratarse de dúplex en todos los casos, el planteamiento se reduce a analizar la situación de la primera planta. Como se puede observar en la figura , a las 14.30, más del 80% de la superficie de todas las ventanas tiene radiación directa, evolucionando a medida que avanza la tarde hasta el 100% de la superficie. Solo un hueco queda fuera de este comportamiento, y es el ubicado en el extremo izquierdo junto al bloque de cierre (tramado como sección). Este hueco permanece casi constantemente en sombra, si bien pertenece a una vivienda con fachada SO, con permanente asoleo desde las 10.40.

Se analiza el soleamiento en las mismas circunstancias de luz que en el caso anterior para el otro punto más desfavorable, con el objetivo de determinar el grado de obstáculo que significa el local comercial para la vivienda duplex (véase figura).

Se observa un comportamiento similar al referido anteriormente, si bien la estancia extrema (a la izquierda en planta primera), tiene soleamiento permanente desde las 11.00.

La totalidad de las viviendas cumplía con la exigencia mínima de la norma, aunque lo más destacable es haber conseguido que la inmensa mayoría de las viviendas estén muy por encima de los estándares mínimos establecidos (en la figura pueden observarse los parasoles en las fachadas SE y SO y la fachada NE, sin protección solar).

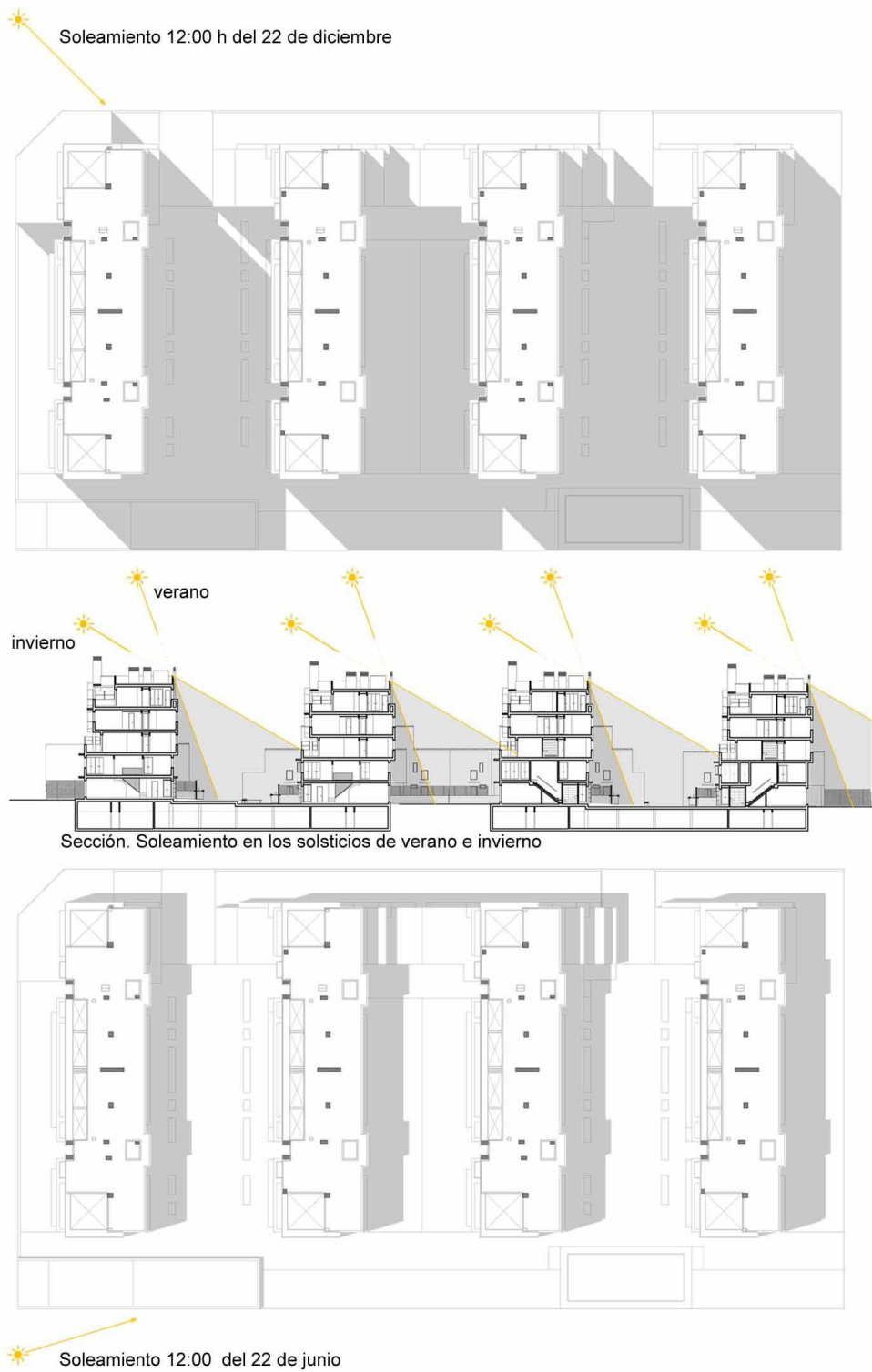


FIGURA 6: Análisis de las condiciones de soleamiento

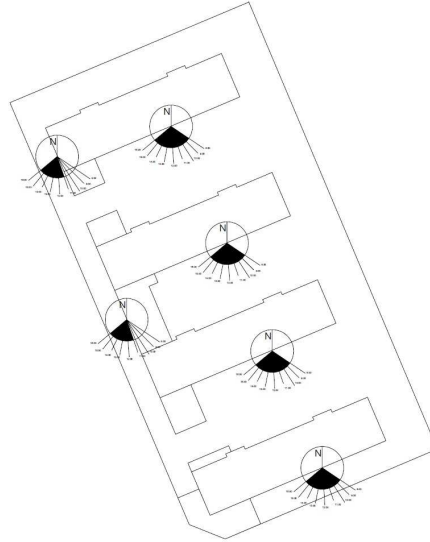


FIGURA 7: Superficie de captación solar de las fachadas

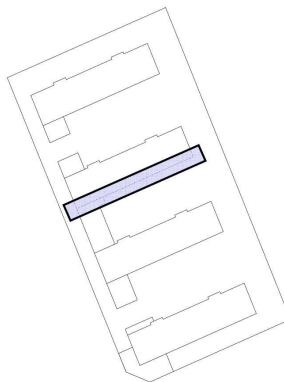


FIGURA 8: Fachada más desfavorable

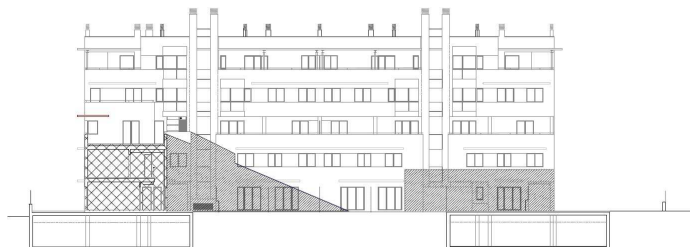


FIGURA 9: Soleamiento de la fachada más desfavorable el 22 de diciembre entre las 15 y las 16 horas

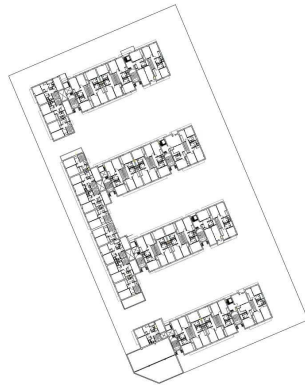


FIGURA 10: Planta de distribución de las viviendas

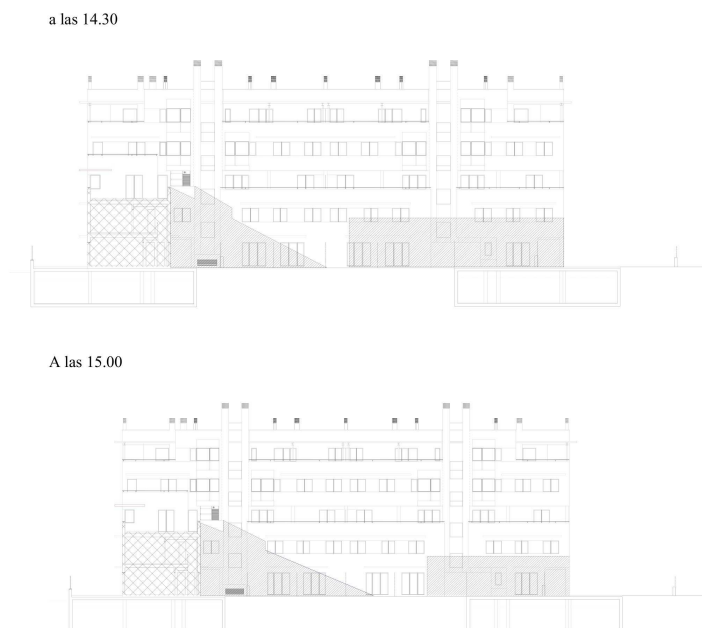


FIGURA 11: Análisis de sombra de la fachada SE del bloque transversal más desfavorable a las 14:30 y a las 15:30 del 22 de diciembre

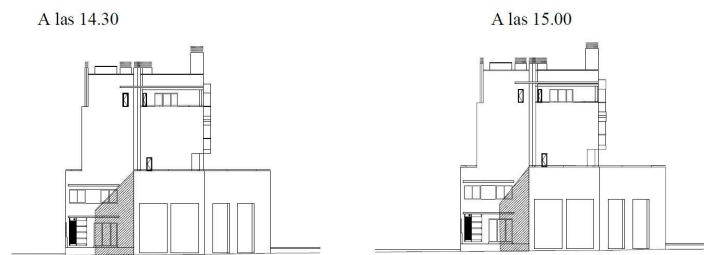


FIGURA 12: Análisis de sombra de la fachada del duplex contiguo al local comercial a las 14:30 y a las 15:30 del 22 de diciembre



FIGURA 13: Diferentes vistas de la urbanización

El edificio realizado se presenta como el resultado de la aplicación de una metodología y una lógica aprendida durante años de trabajo en este campo³. Es en el fondo una consecuencia de todos los trabajos previos de documentación y análisis referidos al clima, a las condiciones de entorno y a las estrategias de diseño; aplicaciones de un sistema que prescinde *a priori* de posicionamientos estéticos o compositivos al uso o a la moda, y que trata de que la arquitectura se posicione críticamente frente a problemas reales de nuestro tiempo, y no frente a divagaciones especulativas. Esto no significa, ni mucho menos, negar una cultura arquitectónica de muchos siglos, de la que somos hijos y en alguna medida también deudores. Cultura de la cual debemos aprender críticamente y definir su valor en relación a las necesidades que solventaron en su día, continuando aquellos caminos que aún tienen recorrido, y abandonando otros que se agotaron hace tiempo.

Bibliografía

AA.VV.

2006 *Ecobarrios en Europa*
Madrid: Empresa Municipal de Vivienda (EMV).

CASA (DA), FERNANDO
2000 *Adecuación bioclimática en la subregión de Madrid (entre Ávila y Guadalajara) para el diseño de los edificios y sus elementos constructivos*
Tesis Doctoral, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid.

CIAM

1928 “Congreso preparatorio internacional de arquitectura moderna. Declaración oficial.”
Publicado originalmente en *Bauhaus II* en 1928, puede leerse entre otros en: HEREU, PERE; J.M. MONTANER; JORDI OLIVERAS, 1994, *Textos de Arquitectura de la modernidad*, Nerea, pp. 267-270.

EZQUIAGA, J.M.

2006 «El porvenir de una ilusión. Elementos para una nueva cultura urbanística»
Arquitectos CSCAE, nº 2, 2006, Madrid

EZQUIAGA DOMÍNGUEZ, J.M.

1987 «El proyecto de alojamiento: criterios de diseño»
Urbanismo COAM, Madrid, nº 30, pp.18-30.

FARIÑA TOJO, F.

2007 «Buenas prácticas para un crecimiento urbano más sostenible»
Arquitectos CSAE, nº2, año 2007, Madrid.

GROPIUS, W.

1930 “¿Construcción baja, media o alta?”
Congreso CIAM de Bruselas de 1930, recogida en: CARLO AYMONIO (1973) *La vivienda racional. Ponencias de los Congresos CIAM, 1929-1930.*, Barcelona: editorial Gustavo Gili.

DE LUXAN, MARGARITA

2005 «España sostenible»
Arquitectura Viva, nº105, Madrid.

PARDO, J. L.

2005 «Vivienda, intimidad y calidad»
Arquitectos CSCAE, nº 176, Madrid.

RUANO, M.

1999 *Ecourbanismo*
Editorial GG, Barcelona.

³Agradecer sobre todo a los pioneros de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid (ETSAM) en el campo de la sostenibilidad, como MARGARITA DE LUXÁN e ISIDRO DE VILLOTA; sus enseñanzas en nuestros últimos años de carrera y nuestros inicios profesionales en el entendimiento eco-lógico del proyecto.