

Criterios bioclimáticos y de eficiencia energética



BUENAS PRÁCTICAS EN ARQUITECTURA Y URBANISMO PARA MADRID

Criterios bioclimáticos y de eficiencia energética



BUENAS PRÁCTICAS EN ARQUITECTURA Y URBANISMO PARA MADRID

Criterios bioclimáticos y de eficiencia energética

Trabajo realizado por convenio entre la Subdirección General de Planificación General y Periferia Urbana del Área de Gobierno de Urbanismo y Vivienda del Ayuntamiento de Madrid y la Sección de Urbanismo del Instituto Juan de Herrera, de la Universidad Politécnica de Madrid.

Edición

Área de Gobierno de Urbanismo y Vivienda del Ayuntamiento de Madrid

Dirección y Coordinación municipal

Director General de Planeamiento Urbanístico

Joaquín Mañoso Valderrama

Subdirector General de Planificación General y Periferia Urbana

Juan Manuel Fernández Alonso

Jefe del Departamento de Actuaciones Privadas

Mercedes Martín Caballero

Jefe de Unidad Técnica de Sostenibilidad Urbana

Silvia Villacañas Beades, coordinación de contenidos

Equipo redactor

Dirección

Ester Higuera García

Sección de Urbanismo del Instituto Juan de Herrera

Mar Barbero, Susana Díaz, M^a Ángeles Orduña, Margarita Luxán, Javier Neila, Manuel Rodríguez, Emilia Román, Macarena Ruiz

ALIA, Arquitectura, Energía y Medio Ambiente S.L.

Carlos Expósito

Grupo de Energía y Edificación. Universidad de Zaragoza

Jose Antonio Turégano, Ángel Martínez

Aguasol Ingeniería

Daniel González i Castellví, Emilio Rull

PME Ingeniería/ATLANTIS

Sara Perales, Pedro Lasa

Coordinación editorial

Departamento de Estudios y Análisis

Jesús Cañada Higuera

Amelia de Andrés Irazazabal

Marisa Tamayo Prada

Diseño gráfico e ilustraciones

María Dolores Sánchez Moya

Ángel Luis Fernández Campos

Maquetación

Tres en punto diseño

Impresión y encuadernación

I.S.B.N

978-84-7812-718-4

Depósito legal

Fecha de edición

Julio 2009

	Presentación	6
1	Introducción	9
	1.1 Objetivo de las Buenas Prácticas para Madrid	
	1.2 Aportaciones de los Planes Municipales de Uso Sostenible de la Energía y de Gestión de la Demanda de Agua de la Ciudad de Madrid	
	1.3 Qué es la arquitectura sostenible	
	1.4 El reto de la ciudad sostenible	
	1.5 Del barrio al ecobarrio	
2	Fundamentos bioclimáticos para la ciudad de Madrid	31
	2.1 La temperatura seca de Madrid	
	2.2 Características del viento en la ciudad de Madrid	
	2.3 El clima y el microclima madrileño	
	2.4 La isla térmica de Madrid	
	2.5 Los climogramas de Madrid	
	2.6 Las necesidades térmicas para Madrid en invierno y verano	
	2.7 El bienestar térmico en los espacios exteriores urbanos	
	2.8 Las estrategias para el confort térmico en invierno y verano	
3	Buenas prácticas bioclimáticas y de eficiencia en la escala urbana	52
	3.1 Criterios relativos a la adecuación entre la ordenación y el medio	
	3.2 Criterios relativos a la densidad y a las tipologías edificatorias	
	3.3 Criterios de variedad, identidad y complejidad	
	3.4 Criterios relativos a las redes e infraestructuras	
	3.5 Criterios relativos a los espacios libres y las zonas verdes	
4	Buenas prácticas en la edificación	120
	4.1 La importancia de la rehabilitación	
	4.2 La rosa de azimutes	
	4.3 Estrategias bioclimáticas	
	4.4 Ahorros energéticos de medidas bioclimáticas. Caso práctico barrio de Plata y Castañar	
5	Buenas prácticas en los elementos arquitectónicos madrileños	140
	5.1 Cuerpos volados, miradores, balcones y balconadas	
	5.2 Azoteas planas, áticos y superficies bajo cubierta	
	5.3 Terrazas y tendederos	
	5.4 Soportales, marquesinas y grandes conductos de ventilación	
6	Guía de criterios bioclimáticos para edificación	145
7	Ejemplos de arquitectura eficiente en Madrid. Estrategias bioclimáticas	153
	Bibliografía	194

Presentación

Configurar la sostenibilidad como un elemento vertebrador del nuevo modelo de ciudad, es uno de los criterios inspiradores del Programa Operativo 2007-2011 del Área de Gobierno de Urbanismo y Vivienda del Ayuntamiento de Madrid. Para alcanzar tal objetivo, esta herramienta de gestión incluyó entre sus medidas la elaboración de una Acción Estratégica de Sostenibilidad Urbana, con el fin de avanzar en la aplicación de nuevas técnicas e instrumentos eficientes, mediante políticas de ordenación del territorio, usos del suelo, consumo de energía y materiales innovadores.

El desarrollo de principios de sostenibilidad desde la propia concepción de los edificios, la utilización de energía solar y materiales reciclables, las adecuadas orientaciones o la centralización de las instalaciones de calefacción y agua caliente, son algunos de los criterios que caracterizan a las viviendas protegidas municipales, y que han merecido el reconocimiento por su calidad, diseño e innovación, marcando pautas a seguir por cuantos intervienen en los procesos de construcción.

Se pretende, ahora, que la sostenibilidad no quede reducida a este ámbito concreto, sino que sus criterios se apliquen con carácter general, configurándose como un elemento referencial en las diferentes fases del desarrollo urbanístico: desde la planificación urbana, hasta la construcción y rehabilitación de los propios edificios, y también en la configuración de los espacios públicos.

Estamos trabajando, por ello, en la elaboración de distintos instrumentos orientados a desarrollar la Acción Estratégica de Sostenibilidad Urbana, mediante el estudio de la normativa de planeamiento con el fin de que se convierta en motor de la aplicación de criterios sostenibles, y también a través de actuaciones puntuales de carácter experimental, como las comunidades sostenibles o “ecobarrios”, que nos permitan obtener conclusiones prácticas para su aplicación con carácter general.

Resulta imprescindible, además, que los criterios de sostenibilidad no se circunscriban exclusivamente al ámbito de la Administración, debiendo configurarse como una nueva cultura cuyo conocimiento sea fácilmente accesible a los ciudadanos en general, y a los profesionales y operadores del sector, en particular.

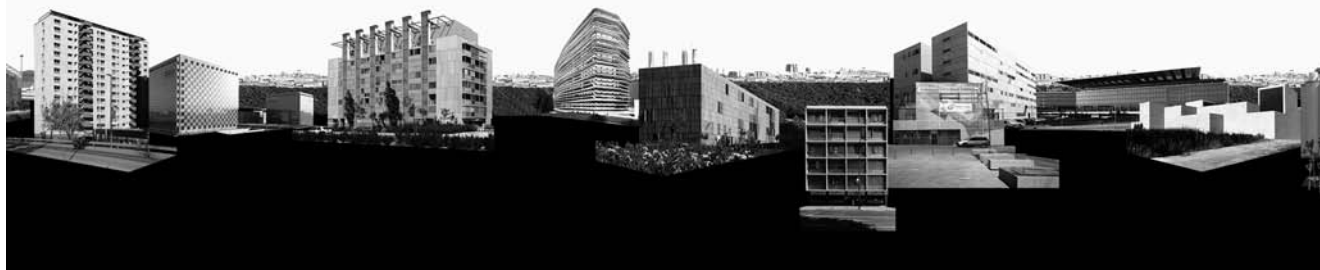
Para avanzar en la consecución de este objetivo, y también en el marco de la Acción Estratégica de Sostenibilidad Urbana, editamos el presente manual, denominado “Buenas prácticas en Arquitectura y Urbanismo para Madrid. Criterios bioclimáticos y de eficiencia energética”. Se trata de una herramienta sencilla y útil sobre las técnicas y soluciones posibles para mejorar el comportamiento energético de los edificios, la gestión sostenible del agua, la configuración del sistema de espacios libres en los planeamientos, o las nuevas necesidades de redes urbanas en planes y proyectos.

El manual aborda los objetivos y los retos para alcanzar modelos urbanos más sostenibles, profundiza en el conocimiento de las características particulares del clima madrileño como elemento condicionante básico, y desarrolla un conjunto de buenas prácticas diferenciando la escala urbana, la de la edificación y la referida a los elementos arquitectónicos madrileños relevantes, para concluir con una tabla-resumen de buenas prácticas y una relación de ejemplos de arquitectura y urbanismo eficientes.

El trabajo se ha realizado desde una doble perspectiva, de tal forma que constituya una referencia válida para nuevas ordenaciones, que pueden diseñarse desde un principio cumpliendo los requisitos contemplados en este manual, pero también con planteamientos específicos, aplicables a los procesos de renovación de la ciudad consolidada, porque entendemos que no hay nada más eficiente en términos ecológicos que la rehabilitación, y que es más sostenible rehabilitar que ocupar nuevos suelos y construir nuevos edificios.

Deseo felicitar expresamente a cuantos han participado en la elaboración de este trabajo, fruto de un convenio entre el Área de Gobierno de Urbanismo y Vivienda del Ayuntamiento de Madrid y la Sección de Urbanismo del Instituto Juan de Herrera de la Universidad Politécnica de Madrid, porque se trata, sin duda, de un manual de necesaria lectura para cuantos deseen contribuir activamente a la configuración de una ciudad más sostenible, actuando para ello desde el ámbito del urbanismo, la vivienda y la planificación.

Pilar Martínez
Delegada del Área de Gobierno de Urbanismo y Vivienda
Ayuntamiento de Madrid



1 Introducción

1.1 Objetivo de las Buenas Prácticas para Madrid

El objetivo de estas Buenas Prácticas es contribuir desde la planificación urbanística a incorporar criterios bioclimáticos y de eficiencia energética en la escala urbanística y arquitectónica, al objeto de reducir el consumo de recursos y las emisiones contaminantes del medio urbano. Se plantea en el marco de una reflexión más amplia sobre la sostenibilidad en el urbanismo, incorporando las últimas consideraciones sobre las características positivas de los ecobarrios (compactos, diversos, eficientes en el uso de sus recursos y estables en lo social) e incidiendo especialmente en la rehabilitación urbana como uno de los caminos más eficaces para alcanzar los retos de la ciudad del siglo XXI. El adecuado uso de los recursos no se refiere exclusivamente a los energéticos, sino que se aborda con profundidad el eficiente consumo de agua y de suelo en los nuevos desarrollos y en la ciudad consolidada, siendo los criterios de ahorro, control de la demanda y recuperación o reutilización del recurso, los que guiarán las propuestas.

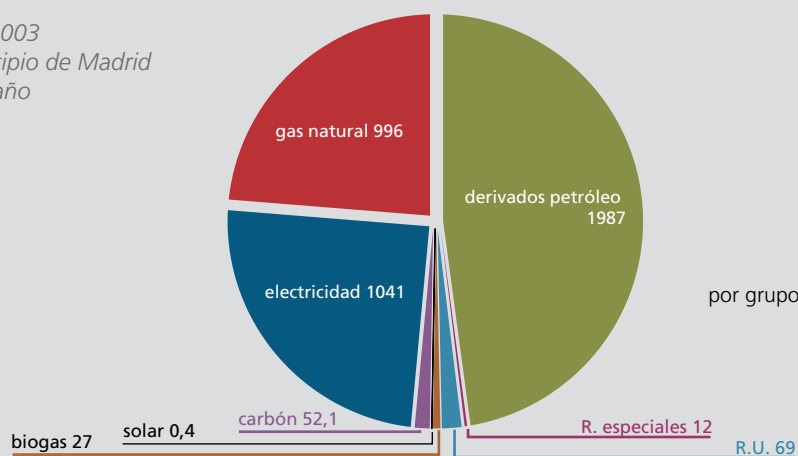
El libro se estructura en cuatro partes, una primera parte introductoria sobre conceptos, retos y objetivos, una segunda parte es un estudio analítico acerca de los fun-

damentos bioclimáticos de la ciudad de Madrid (clima, microclima, isla térmica, necesidades y estrategias para el confort térmico); una tercera parte que compone el conjunto de buenas prácticas y una última parte de ejemplos donde ya son realidad algunas de las estrategias bioclimáticas y de ahorro energético expuestas anteriormente.

Las buenas practicas abordan tanto los nuevos desarrollos posibles como la ciudad consolidada, en tres apartados: Buenas prácticas en la escala urbana (capítulo 3), Buenas prácticas en la edificación (capítulo 4); y Buenas prácticas en los elementos arquitectónicos madrileños relevantes (capítulo 5). Asimismo se completa con una tabla resumen final, con numerosos esquemas y ejemplos al objeto de que el libro sea verdaderamente útil para los arquitectos y urbanistas a la hora de diseñar sus proyectos de arquitectura y urbanismo. Por supuesto, que las soluciones no son todas las posibles, y que el arquitecto debe plantearse con frecuencia la selección óptima entre varias opciones posibles o la que produzca un menor impacto, combinándose además con otros requisitos normativos o técnicos de obligado cumplimiento. Sin embargo, la ayuda teórica y grafica de estas buenas prácticas le será útil en las etapas de toma de decisiones.

Los criterios recogidos son el resultado del trabajo de colaboración entre el Area de Urbanismo y Vivienda del Ayuntamiento de Madrid y la Sección de Urbanismo del Instituto Juan de Herrera de la ETSAM, para precisar el contenido fundamental del documento en base a la am-

Año 2003
Municipio de Madrid
Ktep/año



Consumos de energía
(combustibles y electricidad importada)
por grupo SNAP en el municipio de Madrid en Ktep/año.
Año 2003.

Fuente: Plan de uso sostenible de Energía
y Prevención del Cambio Climático.
Inventario de Emisiones, 2003,
Ayuntamiento de Madrid.

plia experiencia acumulada por el equipo redactor en diseño urbano bioclimático, que se ha complementado con otras aportaciones, principalmente de profesionales que han colaborado junto con el Área de Urbanismo en el proceso de redacción por iniciativa municipal del planeamiento del APE 17.19 "Plata y Castañar" en Villaverde, con el que se pretende impulsar un ecobarrio e integrar las cuestiones de sostenibilidad desde las fases iniciales del planeamiento. Este plan ha llevado asociado estudios específicos sobre cuestiones como la gestión eficiente de agua, o de la energía que han aportado valoraciones y criterios útiles para extenderlos a otros planes urbanísticos madrileños.

También cabe citar que el manual supone una contribución al desarrollo de criterios y medidas ambientales desde el ámbito de la planificación urbanística, cuestión demandada por planes municipales sectoriales aprobados como son el Plan de Uso Sostenible de la Energía o el de Gestión de la Demanda de Agua.

El conjunto de determinaciones expresan por tanto los compromisos que se debieran asumir y desarrollar en documentos de ordenación, para lograr un desarrollo urbanístico más respetuoso con el medio ambiente.

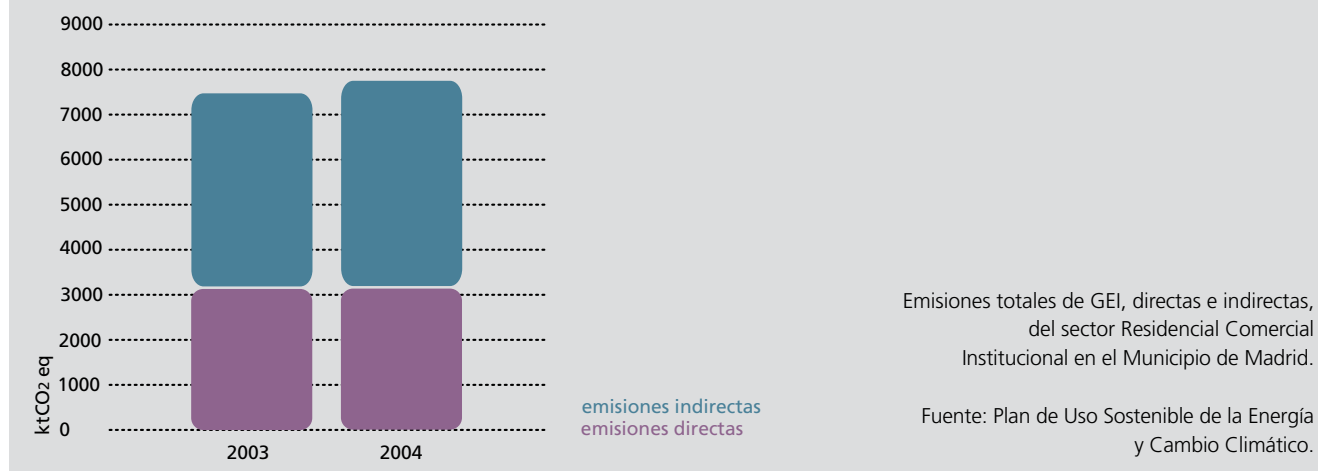
Desde la planificación urbana se puede ayudar a conseguir modelos urbanos más sostenibles. No hay un conjunto de medidas de aplicación universal, requiere de una particularización a cada caso concreto y además

precisan de un desarrollo pormenorizado a través de proyectos, pero es importante que desde el planeamiento se sienten las bases para estos nuevos modelos.

1.2 Aportaciones de los Planes Municipales de Uso Sostenible de la Energía (2008) y de Gestión de la Demanda de Agua de la Ciudad de Madrid (2004)

El Ayuntamiento de Madrid, consciente de la necesidad de poner en práctica soluciones desde el ámbito urbano, para buscar un equilibrio entre medio ambiente y desarrollo urbano, ha elaborado planes estratégicos en materia de uso sostenible de la energía y de la gestión de la demanda de agua, que establecen directrices de gestión municipal y coordinan las actuaciones de los diferentes servicios municipales para conseguir objetivos de eficiencia en el uso de los recursos.

El Área de Urbanismo y Vivienda se encuentra explícitamente implicada a través de estos planes en el desarrollo de medidas a implementar a través del planeamiento urbanístico y los proyectos de edificación, entre las que cabe citar el fomento de proyectos demostrativos de eficiencia en el consumo de recursos, la cuantificación de las demandas y ahorros conseguidos en el planeamiento o la implantación de nuevas redes urbanas. Por ello se ha estimado necesario realizar una breve referencia a los objetivos fundamentales que estos planes determinan para el municipio de Madrid en materia de uso sostenible de agua y energía.



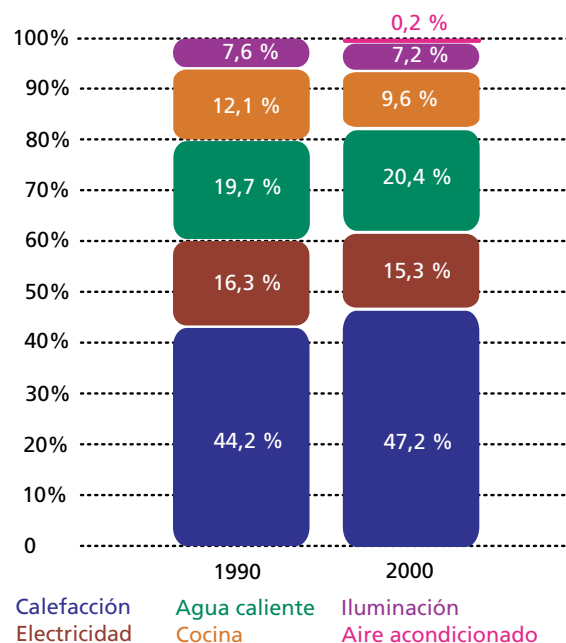
1.2.1 Plan Municipal de uso Sostenible de la Energía y Prevención del Cambio Climático de la Ciudad de Madrid

A la reflexión sobre unas Buenas Prácticas para mejorar la eficiencia del planeamiento urbanístico, el Plan de Uso Sostenible de la Energía y Prevención del Cambio Climático de la Ciudad de Madrid (2008)¹, contribuye aportando una serie de datos relevantes sobre el consumo energético del municipio en el contexto nacional, sobre la participación del sector de la edificación en el consumo total de energía y en el establecimiento de las medidas que cabría implementar desde el Área de Gobierno de Urbanismo y Vivienda para contribuir a un uso más sostenible de la misma y a la reducción de las emisiones contaminantes (sobre todo CO₂).

El Plan tiene como objetivo general establecer medidas para cumplir con los compromisos adoptados en la lucha frente al cambio climático para el horizonte de 2020 por los países miembros de la UE, relativos a la reducción de un 20% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), incremento de la eficiencia energética del 20% y una participación del 20% de las energías renovables en el consumo energético total.

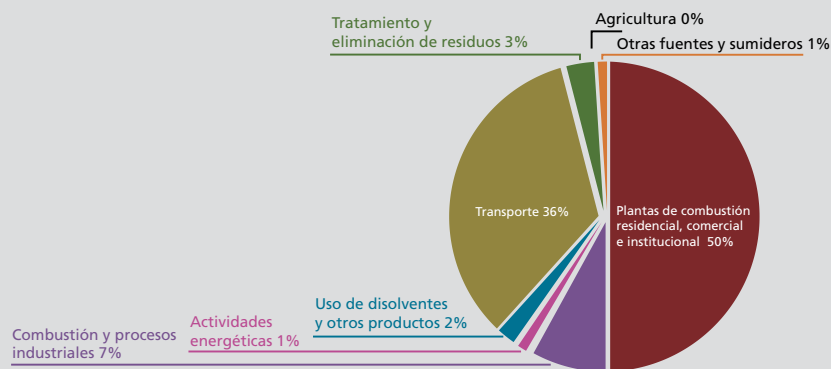
Como datos más relevantes recogidos en el Plan cabe señalar en primer lugar que el consumo energético del municipio de Madrid, supone el 4% del consumo a nivel

nacional, y que solo el 7% de la energía consumida es generada en el municipio teniendo su origen básicamente en la cogeneración industrial a partir de gas natural, la incineración de residuos y el aprovechamiento de biogás de vertedero. Lo que pone de manifiesto un bajo nivel de autoabastecimiento energético del municipio.



Evolución del consumo de energía final. Sector Residencial Comercial e Institucional.

¹ Ayuntamiento de Madrid: "Plan de uso Sostenible de Energía y Prevención del Cambio Climático", febrero 2008.



Distribución sectorial de las emisiones totales (directas e indirectas) de CO₂ eq. año 2004. Fuente: Plan de Uso Sostenible de Energía y Prevención del Cambio Climático.

También cabe resaltar entre los datos aportados por el plan, el importante peso de los consumos asociados a la edificación y al transporte, constatándose que el 48% del consumo se debe al sector residencial, comercial y servicios, seguido del transporte por carretera responsable del 34% de la energía total consumida por el municipio.

Por otro lado, en cuanto a las emisiones de CO₂ directas e indirectas, es decir tanto las que se producen en el municipio como aquellas que se producen en otras regiones pero que se deben al consumo de electricidad del municipio, el sector residencial es el que tiene una mayor contribución, produciendo un 50% de las emisiones totales.

También resulta representativo conocer la distribución de los consumos en los edificios, observando que la mayor parte del consumo energético está asociado a los sistemas de calefacción y en segundo lugar al ACS, con una participación del 47,2% y 20,4% respectivamente del consumo total.

Estos datos ponen de relieve la importancia de incidir en la mejora de la eficiencia energética de la edificación, así el Plan propone una serie de medidas que afectan directamente al Área de Urbanismo y Vivienda, como son el desarrollo de proyectos demostrativos que integren criterios sostenibles en edificación y desarrollos urbanís-

ticos, el fomento de sistemas colectivos de calefacción, ACS y climatización o la cuantificación de emisiones en los planes municipales. También se establecen medidas asociadas al transporte, como el fomento del transporte público y modos peatonales y ciclistas con implicación directa en los planes urbanísticos.

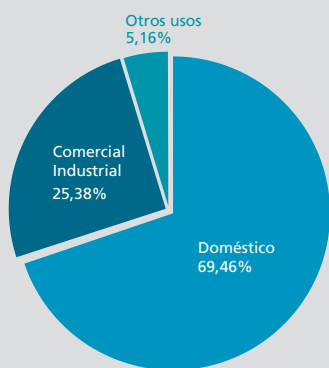
1.2.2 Plan Municipal de Gestión de la Demanda de Agua²

Los recursos hídricos por su dependencia de los fenómenos meteorológicos requieren ser gestionados con políticas basadas en el ahorro, eficiencia de uso y reutilización debido a su escasez como recurso y al respeto al medioambiente.

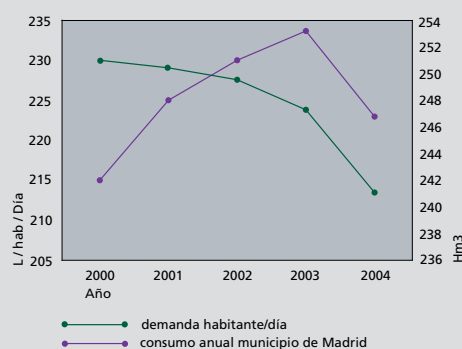
Bajo este concepto se redacta y aprueba por el Ayuntamiento de Madrid el Plan Municipal de Gestión de la Demanda de Agua, que desarrolla un conjunto de programas encaminados a reducir el consumo en el municipio y que también conciernen directamente al planeamiento y a la edificación.

Este Plan Municipal, aporta información relevante respecto al consumo de agua de la ciudad, que se estima en 246,64 hm³/año, experimentando un incremento del 1,81% en el periodo 2001-2004, si bien inferior al incremento poblacional que se sitúa en el 9,69%.

² Ayuntamiento de Madrid: "Plan Municipal de Gestión de la Demanda de Agua 2005-2011".



Distribución de la demanda de agua en el municipio de Madrid en 2004. Fuente: Plan Municipal de Gestión de Demanda de Agua.



Evolución de la dotación y facturación de agua en el municipio. Fuente: Plan Municipal de Gestión de Demanda de Agua, a partir de datos del Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid.

El porcentaje de consumo municipal es del 53,2% del total de la Comunidad de Madrid, proporcional a lo que representa en términos de población (54,5%).

La distribución por usos nos indica que el mayor consumo aparece en el sector doméstico, que supone un 69,4% del consumo total y el menor porcentaje, el 5,16% se destina al riego de zonas verdes.

Las previsiones de crecimiento del Plan Hidrológico del Tajo, fijan los incrementos del consumo de agua en un 15% y un 36% para los horizontes del 2010 y 2020. Las previsiones de crecimiento del Canal de Isabel II son aun mayores.

En este escenario de incrementos de consumos, el Plan Municipal sin embargo propone una serie de programas con el objetivo de reducir un 12% la demanda en el horizonte del año 2011, adoptando medidas de gestión sostenible del agua y de mayor eficiencia en su uso.

Dentro de estos programas se incluye de forma específica un programa de gestión de demanda en el planeamiento urbanístico, planteando la incorporación de requisitos de permeabilidad de suelo, la elaboración de estudios de viabilidad para la reutilización de aguas pluviales y regeneradas, la incorporación de redes separativas y la reutilización de aguas regeneradas para riego en la redacción de los instrumentos de planeamiento.

En desarrollo de este plan ha sido aprobada la Ordenanza de Gestión y Uso Eficiente del Agua³ con regulaciones precisas que se han tenido en cuenta en las buenas prácticas propuestas en capítulos posteriores para las redes urbanas, pormenorizando sus contenidos para facilitar su incorporación al planeamiento e incluso planteando otras medidas adicionales que podrían optimizar el uso del agua.

1.3 ¿Qué es la arquitectura sostenible?

El concepto de sostenibilidad, en el sentido que nos incumbe, se empleó por primera vez en el informe de las Naciones Unidas de 1987, también denominado informe Brundtland, y posteriormente, la Cumbre para la Tierra celebrada en Río de Janeiro de 1992 supuso un importante paso en el desarrollo de este concepto. Aunque el término era nuevo, el concepto ya existía, se había aplicado en el mundo por todas las civilizaciones, o casi todas, hasta llegar a nuestros días. Desarrollarse de forma sostenible quiere decir que cumpliremos con las exigencias y cubriremos las necesidades que impongan el desarrollo de la sociedad, al ritmo que ésta marque, pero sin poner en riesgo el posible desarrollo de las generaciones venideras. ¿Y cómo se puede poner en riesgo ese desarrollo futuro?: agotando los recursos naturales con nuestro propio desarrollo, los combustibles, el agua, los minerales, la madera, la riqueza del subsuelo, etc.

³ Ayuntamiento de Madrid "Ordenanza de Gestión y Uso eficiente de Agua en la Ciudad de Madrid", junio 2006.

En este marco de desarrollo sostenible cabe entender la arquitectura sostenible como aquella que cubre las necesidades de la construcción, acondicionamiento y de abastecimiento de agua sin impedir que generaciones venideras puedan hacerlo también.

Los edificios se construyen en su inmensa mayoría con materiales que no son sostenibles. Los materiales empleados deberían cumplir requisitos de bajo impacto ambiental en el proceso de fabricación, preferencia por uso de materiales renovables como la madera o productos reciclados y con generación de residuos de bajo impacto ambiental al final de su ciclo de vida.

El agua, como se ha comentado, es un continuo difícil de agotar. Sin embargo, el acceso al agua potable es dramático en muchísimas ocasiones. La mayor parte del agua dulce está en forma helada en los casquetes polares y el resto está distribuida de manera no uniforme y en muchos casos no acorde a las necesidades de la población. Además, para poder consumirla hay, en la mayoría de los casos, que someterla a procesos de depuración y potabilización, técnicas no disponibles en todas las partes del mundo necesitadas de agua. En nuestro entorno mediterráneo el problema es la escasez de agua dulce dado nuestro pobre y desequilibrado régimen de lluvias. El consumo excesivo de agua, no sólo supone un coste importante en su tratamiento para la sociedad, sino que al reducir el agua disponible en acuíferos, cauces fluviales y embalses, altera el microclima, reduciendo la vegetación y ésta, a su vez al régimen de lluvias. Por todo ello, la gestión adecuada del agua de que disponemos también

se convierte en un objetivo de la sostenibilidad global del planeta y, por ello, no se puede considerar a un edificio auténticamente sostenible si no se plantea la reducción del consumo con todas las medidas posibles (electrodomésticos y grifería de bajo consumo o la reutilización de aguas pluviales y grises para diferentes usos del edificio).

Las necesidades de acondicionamiento están vinculadas al consumo de energía, y la mayor parte de ella no es sostenible porque se agota. Únicamente es sostenible aquella energía que no se agota y que siempre estará disponible para otras generaciones, la energía solar, la eólica, la hidráulica, la biomasa, la geotérmica y otras que se encuentran en fase de investigación como el hidrógeno.

En la actualidad no es posible cubrir todas nuestras necesidades de acondicionamiento con energías renovables, no porque sean insuficientes las que llegan o se encuentran en la Tierra, sino porque no tenemos instalaciones suficientes para captar y transformar la necesaria, y falta tiempo para que nos libremos de la dependencia de las energías no renovables, que son mucho más habituales de gestionar que las renovables.

El camino por tanto debe ser seguir investigando en el aprovechamiento de los recursos renovables, mejorando la energía solar fotovoltaica, mejorando los aerogeneradores, aprovechando la energía que proporciona el mar con sus olas, mareas y su gradiente térmico, pero también dando tiempo a esas investigaciones para que alcancen los resultados deseables a tiempo, antes de que sea irremediable el calentamiento global, la desaparición



Vista aérea, Madrid

de recursos y la destrucción del medio ambiente. Ello requiere que los edificios sean menos dependientes de la energía en general, que necesiten menos para cubrir sus necesidades.

Si un edificio se aísla más y mejor gastará menos energía en calefacción, si se protegen sus huecos de la radiación solar del verano gastará menos en la refrigeración. Si se diseña su envolvente de forma que capte directamente energía natural, como calor solar o frescor nocturno, el edificio se convertirá en gestor de energía no contaminante. De este modo, reduciendo la dependencia energética con la protección y la autoproducción, los recursos energéticos globales se gastarán más lentamente y el tiempo que daremos a la técnica para desarrollar procedimientos de captación o producción más eficaces, será mayor, y nuestro horizonte de viabilidad y desarrollo será más amplio.

Un edificio sostenible es, por tanto, aquel que se construye con materiales y conceptos sostenibles, que se acondiciona con energías renovables y que gestiona el agua inteligentemente para reducir su dependencia.

1.4 El reto de la ciudad sostenible

El concepto de desarrollo sostenible es un oxímoron, (Naredo 1996, Rueda 2005)⁴ es decir, son vocablos contradictorios, dado que la palabra sostenibilidad está ligada

a la idea de reducir la presión sobre los sistemas del soporte y el desarrollo implica precisamente lo contrario.

De las variadas y numerosas definiciones del término, la que mejor recoge la concepción global del término es la propuesta por ICLEI⁵ en 1994, que dice: *La sostenibilidad supone la mejora del nivel de vida conforme a la capacidad de carga del medio ambiente natural y urbano. La sostenibilidad implica que el consumo de recursos no supere la capacidad de la naturaleza para reemplazarlos. Aborda el mantenimiento de la biodiversidad, la salud y la calidad de vida en el futuro. La sostenibilidad es un equilibrio dinámico, y un camino en el cual las metas se van articulando a medio y largo plazo, en base a los condicionantes intrínsecos de cada localidad.* (ICLEI Consejo Internacional para Iniciativas Ambientales Locales, 1994). Es pertinente destacar, en esta definición el concepto globalizador del medio, en el cual se abarcan cuestiones del sistema natural (medio físico y ciclos ecológicos), el sistema construido (las edificaciones y las acciones del hombre) y los sociales (cuestiones de la forma de vida urbana y de la complejidad social urbana).

La sostenibilidad no es una variable unidimensional, sino que implicará acciones de mejora ambiental, urbana y social en la escala global y en el largo plazo, para que las generaciones venideras puedan mantener y soportar su calidad de vida.

⁴ NAREDO, J.M. , 1996. "Sobre el origen, el Uso y el Contenido del Término Sostenible Ciudades para un futuro más sostenible". Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente.

⁵ AAVV, ICLEI 2000 "Guía para la elaboración de Agendas 21".

La ciudad actual del mundo desarrollado ha adquirido unas características que la hacen intrínsecamente insostenible. La ciudad *tiende a concentrar a la población en aglomeraciones territoriales parcialmente discontinuas...de características nuevas, que plantean enormes desafíos*⁶. Una ciudad como Madrid, por su dimensión geográfica y social y por las dinámicas de sus procesos de materiales, energía e información está lejos de ser una ciudad sostenible, pero siempre podrá ser cada vez menos insostenible y así avanzar hacia la sostenibilidad.

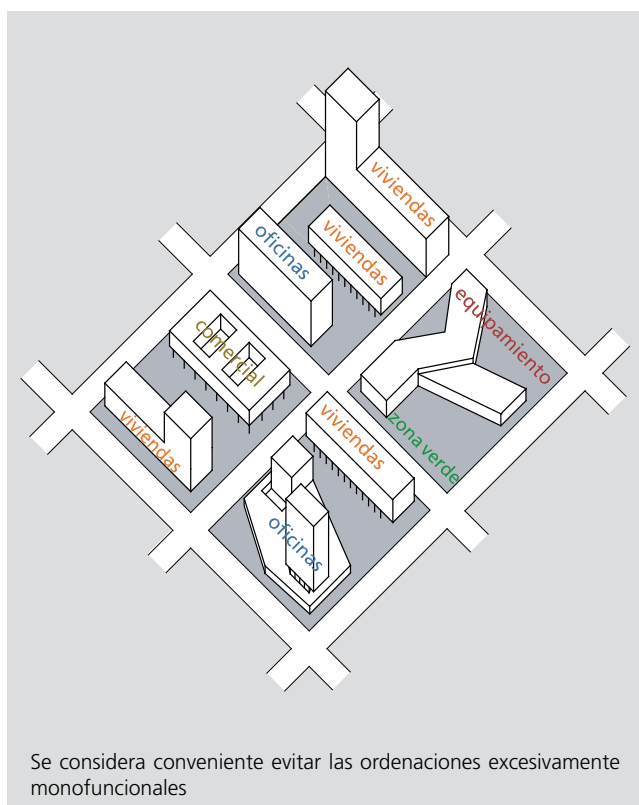
Para mejorar la sostenibilidad de las ciudades se puede (Fariña 2006)⁷, *“en primer lugar mejorar los procesos para conseguir los mismos resultados con menos consu-*

mo de energía, de suelo, de producción de desechos o de contaminación... el segundo aspecto es un problema de justicia social... para conseguir que el aumento de eficiencia no implique un mayor consumo de los que más consumen, sino que se traduzca en una mejora de los países en vías de desarrollo,... o de las capas sociales más desfavorecidas. Pero todavía existe un tercer aspecto, que es el social...ya que se precisa un cambio en los hábitos de consumo y de los valores prioritarios de la sociedad actual”. También Rueda manifiesta como primer requisito previo, reducir la actual presión que ejercen los sistemas urbanos sobre los sistemas del soporte. En el presente libro se plantearán los requisitos adecuados para que exista una mejor relación entre el medio natural y el construido, siempre desde la perspectiva arquitectónica y urbanística, dejándose para otros expertos los relativos a la esfera social y de equidad.

1.4.1 Diez principios para el desarrollo sostenible

En la actualidad son ya numerosas las referencias sobre los principios en que se debe basar un desarrollo sostenible de las ciudades. Desde la publicación del Libro Verde sobre Medio Ambiente Urbano, en 1990, se han ido sucediendo programas, planes, estrategias en los diferentes niveles de la administración para ir guiando a las ciudades hacia actuaciones más respetuosas con el medio ambiente⁸, habiéndose realizado un importante esfuerzo por identificar problemas comunes en áreas urbanas y por señalar aspectos de intervención prioritaria. Los fundamentos de un desarrollo urbano sostenible pasarían por los siguientes temas clave del urbanismo⁹:

+ Estudio adecuado de la **densidad urbana** y de las consecuencias negativas generadas tanto por la alta densidad (generará congestión), como de las extrema-

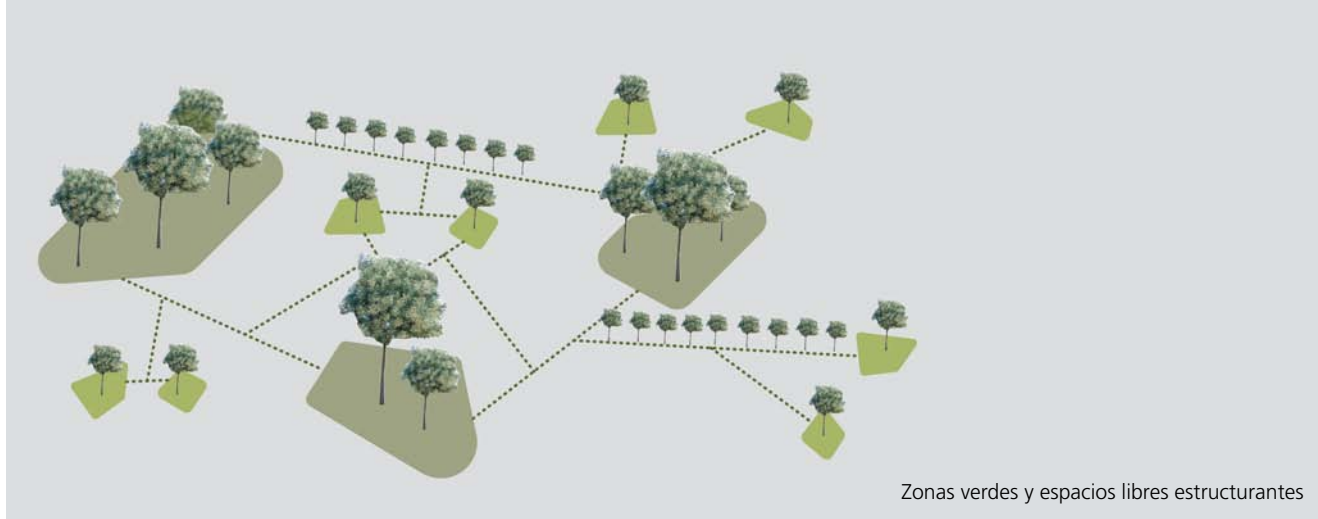


⁶ J.Borja y M Castells, "Local y global", Taurus 1999.

⁷ EMVS, "Estrategia Eco Valle", 2005.

⁸ En cuanto a documentos publicados por instituciones públicas cabe destacar en el ámbito europeo el VI Programa de Acción en materia de Medio Ambiente (2001-2010) y "Hacia una estrategia temática en medio ambiente urbano" y a nivel nacional por parte del Ministerio de Medio Ambiente "Estrategia Española de Medio Ambiente Urbano", sin entrar en referir los numerosos planes, programas y normas para cuestiones específicas como el ahorro y la eficiencia en uso de recursos, agua, energía, lucha contra el cambio climático. En el ámbito local cabe citar la "Guía práctica para la elaboración de Planes Municipales Sostenibles" del Ayuntamiento de Vitoria y el "Plan Especial de Indicadores de Sostenibilidad Ambiental de la Actividad Urbanística de Sevilla".

⁹ BETTINI, VIRGINIO. 1998. "Elementos de ecología urbana". Editorial Trotta, serie medio ambiente. Madrid; FARIÑA TOJO, J. 1998. "La ciudad y el medio natural". Akal. Madrid; y HOUGH, M. 1998. "Naturaleza y ciudad. Planificación urbana y procesos ecológicos". Editorial Gustavo Gili. Barcelona.



Zonas verdes y espacios libres estructurantes

damente bajas (generará continuos tráficos y encarecimiento de infraestructuras).

+ **Complejidad y variedad de morfologías** y tipologías edificatorias en las estructuras urbanas que configuren estos desarrollos. El objeto es que existan volumetrías de las nuevas edificaciones buscando la variedad morfo-tipológica, como un requerimiento necesario para la sostenibilidad urbana.

+ Propuesta de **usos mixtos** por compatibilidad en base a umbrales ambientales y flexibilidad temporal y espacial para su mejor aprovechamiento y rendimiento. Se considera conveniente evitar las ordenaciones excesivamente monofuncionales, para que no sean barrios dormitorio de Madrid, sino que tengan actividades terciarias, comerciales, industriales y dotacionales.

+ Favorecer la **diversidad socio-económica** de la población, facilitada mediante la oferta de diferentes tipos de viviendas, en superficie, y conjuntos de tipología edificatoria diversificados (agrupados en manzanas, o pequeñas estructuras con zonas comunes). También mediante una oferta de vivienda protegida, tanto de protección oficial (VPO) como de precio tasado (VPT), que facilitará la adquisición de viviendas a amplios sectores de la población.

+ Sistema de **zonas verdes y espacios libres** estructurantes de la vida urbana, adecuados en cantidad y calidad a los requerimientos sociales particularizados de cada emplazamiento, permitiendo zonas ambientalmen-

te equilibradas y de bajo mantenimiento (buscando la biodiversidad y la plantación de especies autóctonas que estén aclimatadas a las condiciones extremadas del clima madrileño y sean poco consumidoras de agua y considerando la calidad del paisaje de valor de su entorno).

+ Optimización de las **redes** de abastecimiento e infraestructuras urbanas (redes de saneamiento, aguas pluviales, alumbrado público, etc) cuantificadas y localizadas siguiendo criterios de eficiencia (redes separativas de saneamiento, centralización para la generación de calor, etc).

+ **Equipamientos integrados** con la red de espacios libres y zonas verdes, con diversidad de uso según edad, en tiempo, etc. para optimizar sus instalaciones en el tiempo y en el espacio.

+ Gestión sostenible del **tráfico urbano**, con diversidad de medidas: templado de tráfico, zonas preferentemente peatonales, red eficiente de transporte público y consideración del peatón como protagonista de la ciudad.

+ Reducción y reutilización de **residuos** sólidos urbanos en todas las escalas, desde la basura doméstica a los escombros urbanos generados en las demoliciones de obra.

+ Valoración ambiental del **suelo peri-urbano**, como espacios de conexión de la ciudad, con su territorio circundante, preservando las zonas de valor del medio natural y como suelo necesario para reducir la huella ecológica urbana.



Ecobarrio Viikki, Helsinki

1.5 Del barrio al ecobarrio

Los ecobarrios, son una realidad urbana que persiguen los principios de eficiencia, equidad y variedad, que se están configurando como un referente para otros desarrollos urbanos. Su variedad y modelos, atestiguan de lo amplio de su concepto, y de las interpretaciones, técnicas, políticas y sociales que los modifican de unos entornos a otros.

Sin embargo, para realizar un análisis eficaz sobre las bondades y virtudes de estos nuevos modelos de desarrollo urbano, es preciso encontrar una referencia clara de los objetivos de sostenibilidad que deben cumplir. En este sentido, encontramos la primera dificultad, asociada a la ambigüedad del término sostenibilidad, sobre todo asociado a los desarrollos económicos y a las políticas sectoriales. Para afrontar con éxito este cometido, nada mejor que seguir las consideraciones de grandes expertos en la materia, y en base a sus definiciones evaluar los ecobarrios más sobresalientes y conocidos para poder establecer unas conclusiones apropiadas. El ecobarrio, muy vigente dentro de la discusión del urbanismo actual, presenta grandes similitudes con el antiguo concepto de barrio de la ciudad tradicional. Surge entonces la motivación por vislumbrar sus semejanzas y diferencias, que se resumen en las conclusiones de este apartado.

1.5.1 Características y evaluación de los Ecobarrios

Siguiendo los criterios entregados por el concepto de sostenibilidad - *“el acceso continuado a los recursos naturales, la conservación de la calidad general de vida, y el evitar la persistencia de los daños ambientales”* (Ruano, 1999)¹⁰, nos encontramos hoy con una serie de desarrollos urbanos, relativamente jóvenes (los más antiguos con 20 años existencia), en los cuales el cuidado, la conservación e integración con el medio ambiente son temas estructurales, variando el énfasis según sea el caso, que se da en las distintas áreas de aplicación posibles (planificación, diseño, materialidad, normativa, gestión, etc.).

El ecobarrio es un concepto que se ha construido en la medida que se desarrollan las nuevas prácticas de un urbanismo basado en criterios sostenibles. Salvador Rueda (EMVs, 2005)¹¹ lo define como *“el diseño, construcción o remodelación, según sea el caso, de barrios con el desarrollo de cuatro ejes fundamentales”*.

1. **La compacidad**, que se refiere a la calidad de compacto. La compacidad facilita el contacto, el intercambio y la comunicación que son, como se sabe, la esencia de la ciudad.
2. **La complejidad**, con la que hace referencia a un tejido de constituyentes heterogéneos inseparablemente

¹⁰ RUANO M. 1999, “Ecourbanismo. Entornos Humanos Sostenibles: 60 Proyectos”. Editorial Gustavo Gili.

¹¹ EMVS: Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo. “Eco-Barrios en Europa”. Madrid, 2005.



Ecobarrio Viikki, Helsinki

asociados. Esta característica supone aumentar la mixticidad de usos y funciones urbanas, lo cual permite un acceso a la ciudad sin restricciones. También supone el aumento de trayectorias de relación entre individuos portadores de información, permitiendo el aumento de sinergias de todo tipo, y finalmente, al aumentar las probabilidades de contacto entre los “diversos” se proporciona una de las características básicas de las ciudades complejas: la creatividad.

3. **La eficiencia** que pretende conseguir la máxima eficiencia en el uso de los recursos y por otro lado, la mínima perturbación de los ecosistemas.

4. **La estabilidad social.** Se refiere al aumento de la diversidad (de gentes y usos) y a generar una cohesión social que permita crear las condiciones para fundamentar la igualdad de oportunidades.”

La estructura que expone Salvador Rueda de Ecobarrio = **Compacidad + Complejidad + Eficiencia + Estabilidad social**, es muy oportuna ya que se enmarca perfectamente dentro de los objetivos de sostenibilidad más exigentes, donde no sólo se trata de crecer con una pauta de reemplazo de recursos o energías, sino que es preciso abordarlas desde problemas de la justicia social, la estabilidad y la creación de una sociedad más justa en todos los sentidos.

Por tanto, la revisión de los ejemplos de ecobarrios, estudiando a fondo si son verdaderamente compactos, com-

plejos, eficientes y que fomenten una estabilidad social, parece una buena metodología para conocer el verdadero alcance sostenible que hay en cada una de estas propuestas, y que de ésta forma nos ayude a vislumbrar los criterios estructurantes de un ecobarrio.

Las experiencias europeas más sobresalientes Ecolonia y Kronsberg en Alemania, Viikki en Helsinki, Nieuwland Ameersfoort en Holanda, Bo 01 en Malmö “Hestetalds-karreen” (La manzana del establo) en Copenhague, las encontramos recogidas y analizadas en la publicación de la EMVS “Ecobarrios en Europa”. Todas ellas incluyen medidas de eficiencia, si bien las cuestiones de compacidad y complejidad no son tan destacadas o no tienen una adecuada relación con el entorno o con otros ámbitos urbanos. El ecobarrio, se percibe en la mayoría de los casos, como un elemento demasiado autónomo y aislado de su entorno natural y urbano.

Uno de los ecobarrios que ha tenido una gran repercusión, ha sido Ecolonia, por su antigüedad, ejecución y difusión principalmente. Se trata de un conjunto de 100 viviendas unifamiliares, aisladas, pareadas o en hilera, por lo tanto de baja densidad, poco complejo y compacto, pero sí variado, ya que las viviendas son de diversas formas y tamaños, con dos o tres plantas según los casos. A una arquitectura bioclimática se le suman criterios de eficiencia en el ciclo del agua, huertos de ocio, actividades y equipamientos mancomunados etc. Sus aportaciones respecto a materiales de construcción ecológicos, (como cementos sin sulfuros, pinturas al agua, acero sin plomo,

Tabla 1.1 Evaluación del Ecobarrio de Ecolonia

100 viviendas pareadas y en hilera de hasta 3 pisos de altura, buscando siempre la máxima variedad, diseñadas por diferentes arquitectos.

Compacidad

A pesar de que en el planeamiento de este barrio se ha tenido muy en cuenta la estructura urbana, el diseño del espacio para favorecer los encuentros entre personas, no está muy clara la proximidad de otros usos y funciones urbanas. Estamos poniendo el caso de un barrio de baja densidad (30 viviendas/ha.), conformado por viviendas unifamiliares unas en hilera y otras pareadas. Se trata de un fragmento poco compacto.

Complejidad

Debido a su carácter específicamente residencial carece de más actividades que hagan del barrio un lugar donde encontrar una mezcla de usos y funciones. Se trata más bien de un área exclusivamente residencial.

Eficiencia

En este aspecto, es cierto que en el diseño y construcción de las edificaciones se ha buscado lograr un ahorro energético. (Como máximo se admitía un gasto de 300MJ/m³). Se eligen los materiales que han sido producidos con una mayor eficiencia energética y se plantea el reciclado de los mismos. Pero no se cuenta la energía que se gasta en el transporte de los mismos.

Estabilidad social

Debido a la tipología residencial elegida el tipo de usuario no cubre un amplio espectro de la sociedad sino más bien un tipo bastante determinado de residentes con rentas similares, por lo que no resuelve la integración urbana.

Tabla 1.2 Evaluación del Ecobarrio de Viikki

Contará con 13.000 residentes el 2010. Construcción experimental ecológica.

Compacidad

Viikki es un crecimiento urbano que aprovecha la accesibilidad existente que lo conecta con el centro de la ciudad y que combina distintos tipos de actividades como son residencial, terciaria, etc. La ventaja de este ejemplo es que aún en un espacio próximo viviendas colectivas y unifamiliares, servicios públicos, zonas verdes, comercial... Densidad moderada baja.

Complejidad

En este sentido, su estructura urbana mezcla las distintas funciones y usos sin separarlas como si de una clasificación se tratase, sino intentando generar un espacio multifuncional. Las viviendas colectivas se alternan con las unifamiliares (a las que protegen del viento) que a la vez se relacionan tanto con equipamientos del barrio, como edificios del campus universitario, como con zonas verdes y deportivas.

Eficiencia

Destaca el ahorro energético que se consigue por medio de la captación solar y la calefacción centralizada. Se logra un ahorro del 25% respecto a las edificaciones convencionales. Otro factor que contribuye al ahorro de energía son las saunas centralizadas, que además favorecen la cohesión social.

Estabilidad social

Debido a las diferentes tipologías residenciales y a la mezcla de usos del barrio, los diferentes estratos sociales pueden encontrarse en un espacio próximo. Si bien según las encuestas, abundan las familias con hijos, también acuden al barrio jóvenes universitarios, profesionales... Recordemos que en el barrio se crean también 6.000 puestos de trabajo. Con lo cual se ofrece la posibilidad de que habitantes de otras partes de la ciudad acudan a Viikki y entren en contacto con los habitantes del barrio.

madera controladas), y técnicas constructivas han sido valoradas positivamente por numerosos expertos. Por lo tanto, de los cuatro conceptos definidores del Ecobarrio podemos concluir que Ecolonia es eficiente y con estabilidad social, pero es poco compacta o compleja.

Viikki cerca de Helsinki, BedZED en Londres o Kronsberg a las afueras de Hanover son tres modelos de finales de 1990, que intentan crear una comunidad cuyos parámetros de vida se puedan regir por los requisitos del desarrollo sostenible a base de usar las herramientas del planeamiento para perfilar el urbanismo con las mismas premisas con las que se intenta acomodar la sustentabilidad social.

Viikki es una ordenación que albergará a 13.000 habitantes en 2010, y que tiene unos ambiciosos criterios y aspectos muy innovadores, empezando desde el planeamiento que estudia la viabilidad de la transformación del suelo en urbano con una evaluación detallada de criterios ecológicos. Su preocupación por establecer una adecuada relación con el entorno, también singulariza esta intervención con respecto a las otras. La compacidad es relativa (o moderada-baja) comparada con ordenaciones mediterráneas, pero supone un gran avance con respecto al modelo de ocupación del suelo finlandés. La complejidad, la eficiencia y la estabilidad social, forman parte de los objetivos generales, que se están materializando en propuestas concretas. Se trata, en resumen de un ejemplo valioso, del que se pueden extraer interesantes aportaciones en el uso del suelo, en la disposición y ordenación de los espacios, en las técnicas constructivas y en todos los procesos de minoración de impactos al aire, al agua y de residuos. (Ver tabla 1.2)

En la actualidad, Kronsberg es un nuevo distrito de Hanover que acomoda a unas 12.000 personas en un marco aparentemente convencional pero a todas luces innovador en cuanto que consigue integrar bajo condiciones de mercado un modelo de vivienda privada y social, con un sistema constructivo que permite reducir el consumo de energía a la mitad de los modelos tradicionales. En el distrito de Kronsberg, se apuesta por un urbanismo sostenible llevando a la práctica por infraestructuras capaces de controlar y procesar todas las aguas pluviales para el beneficio comunal, un sistema eficaz de gestión

de RSU, la aplicación efectiva de normativas ecológicas tanto en la gestión de escombros como de materiales de obra, la puesta en marcha de sistemas centralizados de energía y calefacción con integración efectiva de sistemas de energía solar o la edificación de áreas puramente solares. Todo ello, con un modelo de transporte que afecta tanto a la infraestructura vial interior como a la conexión de servicios públicos. La planificación de todo el evento (la Expo del año 2000) y el desarrollo de sus proyectos se enmarcaron bajo unas prioridades:

- + Sistema público de transporte por ferrocarril.
- + Renovación de los terrenos de la feria de muestras industrial existente y su incorporación a los terrenos de la Expo 2000 Hannover.
- + Nuevos desarrollos de tamaño moderado para su uso por comercios e instituciones.
- + Zonas de recreo y cultivo en Kronsberg.
- + Distrito de viviendas de Kronsberg.

Para la "optimización ecológica", los principales elementos fueron la optimización del uso de la energía mediante sistemas de calefacción del distrito; la redacción de unas Normas de edificación de Viviendas de Baja Energía; la gestión del agua de lluvia; la gestión del suelo, la propuesta de zonas ajardinadas y cultivos ecológicos y además la gestión de los residuos.

Estos elementos forman el llamado "**estándar de Kronsberg**", que se hizo obligatorio para todos los urbanizadores de la zona. La ciudad hizo unos planes de desarrollo legalmente obligatorios que contenían, al contrario que en prácticas anteriores, sólo unas cuantas reglas muy simples (rango de los posibles usos del terreno; alineaciones y altura y volumen de las construcciones). Se diseñaron y construyeron gran número de elementos paisajísticos, que relacionaban la ordenación con su entorno circundante:

- + Áreas reforestadas en la cumbre de la colina de Kronsberg.
- + Colinas artificiales formadas a partir de la tierra excavada de la zona.
- + Avenidas limítrofes y parques públicos cerca de las zonas arboladas.
- + Espacios públicos abiertos entre los distritos de Beme-



Ecobarrio GWL, Amsterdam

rode y Kronsberg con grandes áreas para la retención del agua de lluvia.

- + Avenidas especiales en las laderas de la colina con cauces integrados para el agua.
- + Parques vecinales.
- + Una plaza central.
- + Avenidas arboladas.
- + Un sistema especial de retención del agua de lluvia y líneas de infiltración en las calles de acceso.

Todas las instalaciones públicas - escuela primaria, guarderías y el centro comunitario - se diseñaron y programaron con antelación y alto nivel de detalle. Además, su construcción comenzó muy pronto, de forma que los primeros residentes del distrito tuvieran desde el primer momento los servicios necesarios, con especial atención tanto en la calidad del diseño urbano como a la calidad de los edificios.

Se tomaron en cuenta ciertos rasgos como: calidad de los espacios abiertos de la zona, aparcamientos; sistema de caminos semi-privados dentro del emplazamiento; terrazas o espacios abiertos privados y calidad espacial de la distribución de las viviendas. El producto de todos estos esfuerzos es una gran variedad de edificaciones con una calidad técnica por encima de la media. Además aparecen varios proyectos con características arquitectónicas, ecológicas o sociales especiales o singulares



Ecobarrio GWL, Amsterdam

todo ello en medio de unos espacios abiertos privados y públicos de calidad y con criterios de eficiencia en su diseño. En términos del producto obtenido, el distrito de Kronsberg está considerado por todos los participantes - municipio, constructores, promotores, arquitectos y ciudadanos - como un enfoque acertado y un prototipo para futuros asentamientos alemanes. (Ver tabla 1.3)

La renovación y transformación de las antiguas oficinas y sede de la compañía municipal del agua holandesa **GWL en Amsterdam**, (Holanda), ha supuesto una regeneración urbana de primera magnitud y un referente en cuanto a la necesidad de poner en valor el suelo urbano construido, antes de acometer nuevos desarrollos externos a la ciudad. Son 600 viviendas, que arrojan una densidad de 100 viv/Ha, lo que la convierte en una ordenación compacta. La tipología es de bloques abiertos sobre un gran espacio abierto, arbolado y sin tráfico rodado en su interior. Aparecen infraestructuras y dotaciones comunitarias que aportarán estabilidad social y cohesión a todo el ámbito, convirtiéndola en un área de nueva centralidad. Se cuenta con una planta propia de producción combinada de calor y electricidad y con un sistema de gestión del agua residual para la descarga del agua de lluvia en los inodoros. En resumen, una propuesta interesante por múltiples motivos y que responde satisfactoriamente a los retos de sostenibilidad. (Ver tabla 1.4)

Tabla 1.3 Evaluación del Ecobarrio de Kronsberg

En los 90 se diseñó la exposición de Hannover 2000 bajo el lema “Humanidad, naturaleza y tecnología y desde entonces todas las actividades urbanísticas y de desarrollo siguieron el enfoque sostenible. 6.000 viviendas para 12.000 personas aproximadamente. Se inició en octubre de 1997.

Compacidad

Sólo podemos hablar de que se está construyendo un nuevo fragmento de ciudad con una densidad media-alta. No constituye un conjunto de heterogéneos en un espacio próximo, sino de una agrupación de elementos con la misma función. Densidad moderada.

Complejidad

A pesar de ser un barrio bastante grande no se han planteado actividades económicas en el desarrollo ni pequeñas industrias. Sólo se construye un centro de salud, una iglesia, un centro cultural, una o dos panaderías y guarderías.

Eficiencia

Buen concepto de eficiencia energética. Se tiene muy en cuenta el movimiento de tierras en el proceso de construcción del barrio, minimizando todo lo posible este impacto en el territorio que se ocupa. Se optimiza el consumo de energía incluyendo sistemas solares y fotovoltaicos, calefacción centralizada (CHP) con una planta combinada de calefacción y energía, considerando medidas pasivas en el diseño de viviendas y aumentando el aislamiento. Se implementa también el compostaje en las viviendas para reducir residuos.

Estabilidad social

Mezcla de grupos sociales ofreciendo distintas tipologías de vivienda colectiva y unifamiliar, vivienda pública y privada. Además se incluyen políticas de integración de inmigrantes, de tercera edad y de familias uniparentales.

Tabla 1.4 Evaluación del Ecobarrio de GWL

Antiguo emplazamiento de la compañía municipal de agua potable de Ámsterdam reconvertida en zona residencial de 6.000 viviendas. El emplazamiento es un borde de ciudad entre la vivienda tradicional del barrio Staatslieden y una zona industrial al oeste.

Compacidad

Este ejemplo concuerda con la idea de compacidad, no sólo por la densidad conseguida en la actuación, sino también porque reúne en un espacio de una escala que hace posible recorrerlo a pie, más funciones y más usos que la específica de residencia.

Complejidad

La pequeña mezcla de usos que oferta este crecimiento, la creación de una pequeña centralidad recuperando edificios existentes y el lugar donde se sitúa (borde entre un barrio residencial tradicional y la zona industrial ligera) posibilita el intercambio de información y la inter-actuación tanto de los vecinos como de los visitantes.

Eficiencia

Los materiales elegidos apuestan por una eficiencia en el proceso de fabricación (no se tienen datos en cuanto al transporte). La planta combinada de calor y electricidad es muy adecuada para el ahorro energético debido también a la escala del nuevo barrio. Es el único bloque residencial que no sigue totalmente la dirección norte-sur, para proteger el ámbito del viento y configurar un límite permeable de la actuación.

Estabilidad social

Esta actuación facilita la mezcla de distintos estratos de la sociedad y población con diferentes edades. Hace del barrio un lugar atractivo con oportunidades como guarderías, huertos de ocio, lugares de encuentro, de trabajo... tratando con sumo cuidado el diseño de los espacios libres.



Ecociudad de Sarriguren, Navarra

Con objeto de ilustrar algunos ejemplos españoles, se han seleccionado el proyecto de ecociudad de Sarriguren en Navarra y Valdespartera en Zaragoza.

El proyecto de **Ecociudad de Sarriguren** es una iniciativa del Gobierno de Navarra, dentro de su apuesta por integrar las políticas sectoriales en un marco de desarrollo urbano sostenible. Consiste en la construcción de un desarrollo urbano de 5.027 nuevas viviendas en su mayoría de precio limitado (4.900 VPO y VPT, 120 VL) en una zona próxima a Pamplona, junto a un pequeño núcleo existente. Se plantea como una iniciativa pública con el fin de generar un efecto demostración sobre las instituciones públicas, el sector privado y la sociedad civil de Navarra. El objetivo es crear un proyecto modelo, que aplique los principios del enfoque bioclimático en arquitectura y urbanismo a un pueblo creado ex novo. El proyecto pone todo su énfasis también en la mejora de la calidad del espacio urbano.

Los tres principios de construcción bioclimática, aplicados en este caso son: el ahorro energético, la integración de energías renovables y la construcción sana. Otros aspectos importantes del proyecto son la creación de una auténtica comunidad urbana, la variedad tipológica en la oferta residencial, un precio de vivienda asequible y la colaboración entre instituciones públicas y empresas

privadas en el proceso de promoción y comercialización. El proyecto incluye una serie de corredores verdes que relacionarían el verde urbano con las zonas naturales en las que se integra el nuevo barrio. El espacio público se ha diseñado incorporando modelos tradicionales de la ciudad (calles, plazas, bulevar, salón urbano, etc) junto a nuevos recursos atractivos como un gran parque central con un lago artificial. Se trata de una respuesta muy acertada con su territorio, aunque alejada de otras zonas residenciales, que combina un urbanismo y una arquitectura bioclimática y una eficaz gestión de redes y servicios. En cuanto a la diversidad de usos, cabe señalar que destina un 8% de la edificabilidad a la ciudad de la innovación que albergará actividades de investigación y desarrollo en temas de energía y medioambiente.

Por último, y también en España, el Plan Parcial de **Valdespartera**, aprobado definitivamente en noviembre del 2002, desarrolla el plan general de Zaragoza del 2001 en el área 89-4 del suelo urbanizable no programado. Fue redactado por los servicios técnicos del Área de Urbanismo del Ayuntamiento. El plan ordena 2.421.925m² de terreno destinados a antiguos acuartelamientos, situados al sur de la ciudad y colindantes con grandes infraestructuras territoriales, como la autovía de Valencia, al este, y el IV Cinturón y la ronda sur del AVE, al sur¹².

¹² Puede consultarse documentación relativa al plan parcial y su ejecución en la dirección electrónica www.valdespartera.org. Más información (en particular, sobre el Plan General de Zaragoza) en www.ayto-zaragoza.es



Ecociudad de Valdespartera

+ Vivienda a coste accesible: Se trata de una gran actuación de promoción de vivienda protegida. En los suelos obtenidos mediante convenio urbanístico se levantarán 9.687 viviendas, de las cuáles el 97% serán de protección pública.

+ El proyecto va dirigido a personas de diferentes sectores sociales.

+ Equipamientos: La urbanización contempla un amplio conjunto de equipamientos lúdicos, deportivos y culturales que no sólo redunden en beneficio del sector sino del conjunto de la ciudad.

+ Arquitectura bioclimática: se reduce la dependencia de recursos no renovables y se apuesta por las energías alternativas. Diseño de corredores ecológicos para mejorar la integración medioambiental de la nueva Ecociudad.

La respuesta de Valdespartera es demasiado homogénea, ya que la edificación bioclimática (que es verdaderamente eficaz y recomendable para este lugar) se repite indiscriminadamente por todo el conjunto. Su única orientación al sur da monotonía al espacio urbano; los testeros de los bloques aparecen como medianeras sin tratar, a veces en grandes vías estructurantes; y la similitud y uniformidad de todas las manzanas, no propician la variedad, la complejidad o la diversidad como atribu-



Ecociudad de Valdespartera

tos añadidos de sostenibilidad. La ciudad bioclimática no puede ser la suma de arquitecturas bioclimáticas, ya que en la escala urbana aparecen otras interacciones, que necesitan soluciones diferentes. (Ver *tabla 1.5*)

1.5.2 Evaluación comparada de los ecobarrios analizados

Para poder establecer una comparación entre los Eco-barrios analizados, se han planteado dos resultantes; la primera siguiendo los criterios establecidos como determinantes por Salvador Rueda en 2005; la segunda añadiendo los tres aportados por el CSAE (Consejo Superior de Arquitectos de España) en 2006. (Ver *tabla 1.6*)



Ecociudad de Valdespartera

Tabla 1.5 Evaluación del Ecobarrio de Valdespartera

9.687 viviendas, el 97% de ellas de protección pública, además de usos terciarios y deportivos.

Compacidad

No podemos hablar de que éste sea un barrio compacto. Esto se debe en parte, a la monofuncionalidad espacial; una gran macroparcela agrupa las grandes actividades económicas, otras tres las áreas residenciales colectivas, otra la residencial unifamiliar... El diseño de la red viaria no favorece el contacto entre las distintas partes funcionales sino que las separa.

Complejidad

El barrio ofrece una mezcla interesante de usos: equipamientos de tipo privado (palacio del hielo, parque acuático, miniestadio...) a nivel ciudad, equipamientos dotacionales y espacios públicos verdes a nivel de barrio (correspondientes a la superficie que se edifica para función residencial). Esto constituiría un entrelazado interesante y produciría una complejidad capaz de generar intercambios de información. El problema reside en que el tejido urbano simplifica y delimita estos usos aislándolos por categorías e impidiendo la mezcla real a una escala peatonal.

Eficiencia

La disposición de los bloques de vivienda colectiva es idónea (norte-sur) y respetan las distancias entre ellos para permitir todo el soleamiento de la fachada. Para protegerse la edificación se eleva un par de plantas en el este, lo que provocará una imagen urbana bastante dura desde el límite. Se plantea un tratamiento diferente de las fachadas según su orientación, punto muy positivo y lógico para lograr el ahorro energético. También ahorro de agua y energía eléctrica.

Estabilidad social

Según la documentación consultada, existen dos tipologías de vivienda: la vivienda colectiva en bloque y la unifamiliar adosada. Estas dos tipologías no se mezclan en un espacio próximo si no que se aíslan en espacios específicos limitados por viarios. Las instalaciones deportivas se encuentran en una situación de borde y no favorecerán el intercambio personal de residentes y visitantes.

Tabla 1.6 Evaluación comparada de los ecobarrios analizados

	Valdespartera	Vikkii	Ecolonia	GWL	Kronsberg
Compacidad	1/5	3/5	1/5	5/5	4/5
Complejidad	2/5	3/5	1/5	4/5	3/5
Eficiencia	4/5	4/5	3/5	3/5	3/5
Eficiencia	3/5	4/5	2/5	5/5	3/8
Evaluación S. Rueda	10/5 = 2,0	14/5=2,8	7/5=1,4	17/5=3,4	13/5=2,6



Tabla 1.7 Evaluación comparada CSCAE

	Valdespartera	Vikkii	Ecolonia	GWL	Kronsberg
Caracter multifuncional espacio público	1/5	3/5	1/5	5/5	3/5
Inserción en el entorno	1/5	4/5	2/5	4/5	4/5
Respeto a las preexistencias	2/5	4/5	3/5	5/5	4/5
Evaluación CSCAE, 2006	4/5 = 0,80	11/5=2,20	6/5=1,20	14/5=2,80	11/5=2,20

De la evaluación comparativa anterior resulta GWL el ecobarrio que reúne mejor los requisitos establecidos como ejemplo de buena práctica de ecobarrio por Salvador Rueda.

Añadiendo las consideraciones de buenas prácticas del CSCAE, se obtiene la siguiente evaluación.
(Ver tabla 1.7)

1.5.3 Revisión de los conceptos compartidos entre barrio y ecobarrio

Al revisar las definiciones y las características presentadas para el Ecobarrio, parece interesante recordar el concepto tradicional de Barrio, con el que en un primer análisis, comparte en gran medida sus objetivos. Revisemos el alcance de la cohesión social, la compacidad, la eficiencia, la inserción en el entorno y la complejidad del barrio.

Cohesión social

Es en el Barrio donde se establecen las relaciones básicas de vecindad y donde se originan las redes de cooperación y la participación ciudadana. Actúa como el espacio indicado desde el cual se origina la apropiación e identificación con un entorno, según nos dice Hernández (2000)¹³, “al hablar de Barrio nos referimos a territorio,

a proximidad del espacio de actuación de los individuos, a la posibilidad de generar acciones con el morar, a que nuestra acción tiene que estar referida a un espacio concreto accesible y reconocible”¹⁴.

La creación de un tejido social organizado y cohesionado, es uno de los principales objetivos de la convocatoria del concurso sobre los modos de habitar 2006 convocado por el CSCAE (Consejo Superior de Arquitectos de España). Como define Borja (1998)¹⁵, el Barrio es “un ámbito reivindicativo, participativo y de cooperación social. La observación de la vida barrial permite constatar no sólo la permanencia de las formas de vida colectiva y asociativa tradicionales si no también otras formas vinculadas a nuevas realidades (inmigración, cibercafés, iniciativas culturales, actividad de la gente mayor, incorporación de la mujer a la vida asociativa, voluntariado y cooperación tanto en ámbitos de proximidad como de distancia)”. En el Barrio se pueden dar simultáneamente diversidad e integración.

Complejidad, mezcla de usos y multifuncionalidad

Nos dice Lefebvre (1970), “El Barrio es la esencia de la realidad urbana. Se trataría de la mínima diferencia entre espacios sociales múltiples y diversificados, ordenados por las instituciones y los centros activos”¹⁶.

¹³ HERNANDEZ AJA, A. y otros 1997. “La Ciudad de los Ciudadanos”. Ministerio de Obras Públicas Transportes y Medioambiente. Madrid.

¹⁴ VERDAGUER, Carlos (2000) “De la sostenibilidad a los ecobarrios”. Documentación Social, nº 119

¹⁵ BORJA, Jordi (1998), “Ciudadanía y Espacio Público”. Publicado en Revista del CLAD Reforma y Democracia. Nº 12, Caracas, Venezuela.

¹⁶ LEFEBVRE, Henri. (1970) “La Revolución Urbana”. (1. Ed París: Éditions Gallimard). Ed española: Alianza Editorial, Madrid, España. (1972)



Si el Barrio es la unidad básica de apropiación y participación en la ciudad, el espacio público -lugar donde por esencia se desarrolla el ciudadano- es su componente fundamental. *“La calidad del espacio público se podrá evaluar, sobre todo, por la intensidad y la calidad de las relaciones sociales que facilita, por su fuerza unificadora de gentes y por su capacidad de estimular la integración cultural”*, lo que lo convierte en un elemento de jerarquía al interior del Barrio. El espacio público y su carácter multifuncional propician dentro del Barrio, el intercambio y el encuentro, la integración y la participación de vecinos de todas las edades. De esta misma forma, el Barrio también se constituye como un espacio multifuncional, que contiene tipologías, usos y poblaciones heterogéneas. *“Se trata de un espacio multidimensional, capaz de soportar y sostener tipologías, usos y poblaciones diversas, dotado de sociabilidad y asociacionismo”*. Posee los equipamientos necesarios para que en él se realicen las actividades sociales y se fortalece así la integración. *“La consecución de una ciudad en la que sea básico el eje de la calidad de vida de sus ciudadanos, demanda un territorio estructurado sobre la accesibilidad y aprehensión por el individuo. Esta accesibilidad sólo se puede producir en la unidad mínima de apropiación social y perceptiva: el Barrio necesita disponer de una red estructurada de*

equipamientos públicos sobre las que se realicen las actividades sociales”. (Todas de Lefebvre 1970). El barrio es por tanto complejo y con mezcla de usos.

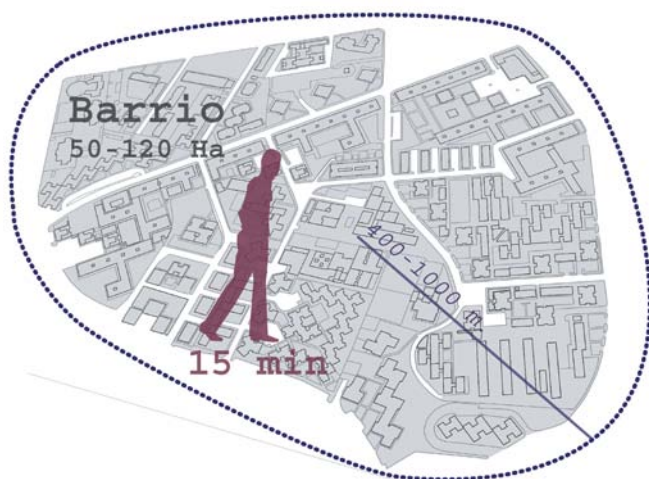
Compacidad, densidad y predominio del transporte público

La compacidad, la densidad, y el predominio del transporte público están presentes en el barrio desde su configuración, *“el Barrio es el espacio de máxima complejidad accesible, tanto físicamente (a pie), como psicológicamente (su complejidad y tamaño lo hacen comprensible)”*¹⁷. *“El barrio es el espacio de lo doméstico agrupado en torno a un elemento simbólico”*. (Lefebvre, 1970).

Sobre el tema del transporte, en el Barrio no se establece expresamente una rivalidad entre automóvil, el predominio del peatón o del ciclista -como suele ser frecuente en el Ecobarrio-, pero si se indican criterios de tamaño y estructuración, en los que sus dimensiones están determinadas por las condiciones físicas de las personas.

En cuanto al predominio del peatón, el Barrio varía de tamaño según los distintos autores y las diferentes referencias espaciales, siendo un factor común su facilidad

¹⁷ HERNÁNDEZ, Agustín (2000) “La ciudad estructurada”. Cuadernos de investigación urbanística N° 42, 2004 (Ejemplar dedicado a: Textos sobre sostenibilidad II) Edita Instituto Juan de Herrera. Artículo disponible en versión electrónica en Boletín CF+S 15 (2001) <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n15/aaht.html>



Distancias del barrio según Ledrut, 1968

para ser recorrido a pie. Podemos establecer que tienen una superficie entre 50 a 120 hectáreas, dentro de un ámbito con un radio máximo de 400-1000 metros, equivalente a unos 15 minutos a pie andando. Para Raymon Ledrut *"el Barrio se define por encontrarse en la escala del peatón y estar provisto de equipamientos colectivos accesibles (...) Un Barrio no debería exceder de un perímetro de unos 3 kilómetros"*. (Ledrut, 1968).

Inserción y relación con el entorno

Sobre la inserción adecuada con su entorno y el respeto a las preexistencias, el Barrio se constituye como un trozo de ciudad completamente integrado al resto. Ha nacido con la ciudad y se ha ido configurando y adquirido su identidad con el tiempo, en el caso de las ciudades españolas. Aparece aquí una primera variante con la situación del Ecobarrio, el cual -en muchos casos- no resuelve adecuadamente su inserción con el entorno, más bien al contrario se manifiesta como un elemento cerrado y aislado en contraposición a un contexto urbano y/o natural circundante. Los ecobarrios que surgen de regeneraciones urbanas, tiene mejor resuelta esta relación, pero en casi todos aparecen importantes bordes físicos y psicológicos para manifestarse claramente diferente del resto edificado (circunstancia que los aísla).

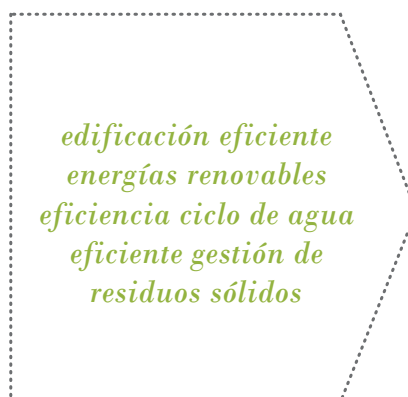
Eficiencia

Esta es la característica donde aparecen las mayores diferencias entre Barrio y Ecobarrio. El Barrio no ha con-

siderado la eficiencia urbana en su génesis, en cambio el Ecobarrio plantea la eficiencia de redes, infraestructuras y servicios como un tema estructural y clave en sus objetivos de partida. El cuidado de los recursos del medio ambiente, la minimación de impactos negativos y el reciclado y cierre de los ciclos ecológicos urbanos son unas de las aportaciones más destacadas que persiguen los ecobarrios.

Son características propias del barrio tradicional la densidad, la integración con su contexto, la primacía del espacio público como el lugar de encuentro y participación colectiva, sus dimensiones para contemplar el que pueda ser recorrido a pie y se convierta en un entorno apropiable para sus habitantes, la multiplicidad de gentes y de usos, etc. Por lo tanto el barrio cuenta con una eficiencia solo gracias a su densidad y variedad, pero le faltarían las innovaciones tecnológicas de los últimos años, la gestión integral del ciclo del agua, el empleo de materiales y aislamientos adecuados, obtención de energía eléctrica gracias a energías renovables (solar térmica y fotovoltaica), y por supuesto todos los avances de materiales sanos, reciclados y con análisis de ciclo de vida que por la antigüedad de construcción de los barrios no han podido ser tenidos en cuenta.

La conclusión derivada de la exposición anterior es clara, el barrio en su génesis y evolución, ha contado con unos parámetros que hoy son reconocidos por todos como elementos clave del desarrollo sostenible: compacidad, complejidad, y cohesión social. Sin embargo, no los



podemos considerar como ecobarrios en primer lugar porque el concepto surge después de su génesis y desarrollo, y en segundo lugar por que no incorporan sistemas de generación de energías limpias, recuperación del agua, reciclado y tratamiento de residuos, medidas bioclimáticas en las edificaciones, etc.

Pero es posible reconducir estos aspectos y lograr el paso del barrio al ecobarrio, incorporando todas las cuestiones de eficiencia, uso de energías renovables y cierre de los ciclos de agua y residuos. Se trataría, por tanto del objetivo clave de la ciudad consolidada, transformar sus barrios en ecobarrios.

1.5.4 Posibilidades de aumentar los ecobarrios madrileños

Dentro de los objetivos generales y particulares del desarrollo sostenible, parece oportuno que a las ventajas de los barrios madrileños, se sumen ahora otras propuestas que los complementen y los transformen en ecobarrios, lugares en donde la cohesión, la eficiencia, la compleji-

dad y la estabilidad social, estructuren unos ámbitos urbanos con calidad de vida para sus residentes.

Aunque siempre es arriesgada la generalización, indicativamente se pueden apuntar dos criterios fundamentales para la transformación de los barrios madrileños en ecobarrios, en la ciudad consolidada, donde los criterios de densidad y complejidad serían criterios ya conseguidos, y sería por un lado la actuación sobre los espacios públicos mediante una redistribución del espacio destinado al tráfico rodado y a los peatones y por otro la rehabilitación energética de los inmuebles, mejorando el aislamiento y la eficiencia de las instalaciones de agua caliente y climatización (que es donde se producen mayores consumos).

Con respecto a las nuevas ordenaciones residenciales madrileñas el objetivo es claro, diseñar adecuadamente los espacios y las edificaciones para que sean verdaderos ecobarrios, y por tanto sean compactos, complejos, eficientes y con cohesión social según las argumentaciones explicadas anteriormente y que se resumen en estas buenas prácticas (*capítulo 3*).



2 Fundamentos bioclimáticos para la ciudad de Madrid

Los factores determinantes del clima son la temperatura seca, el viento y la humedad relativa. Madrid se caracteriza climáticamente por la presencia de inviernos fríos en contraste con veranos calurosos. Poca humedad ambiental en las épocas estivales, y moderada alta en las invernales. Presencia de vientos fríos procedentes del sur-oeste, que se canalizan por las variaciones de la topografía y la configuración de las calles y plazas. En el caso de Madrid, las consecuencias de la presencia de la isla térmica son determinantes en el confort ambiental tanto de los espacios exteriores como de las edificaciones (eleva las temperaturas mínimas nocturnas invernales y acrecienta las estivales).

Se detallan y comentan los valores de temperatura, viento e isla térmica como fundamentos claros del clima madrileño.

2.1 La temperatura seca de Madrid

En concreto el clima madrileño¹⁸ se caracteriza por los acusados contrastes entre las estaciones de invierno y verano, produciéndose situaciones de mucho frío y mucho

calor-seco respectivamente. También son característicos los reducidos periodos de confort, asociados a las estaciones de primavera y otoño. Se trata de un clima continental mediterráneo con temperaturas medias mensuales muy diferenciadas entre el invierno y el verano, oscilando anualmente hasta en 30°C, desde los 2,7°C de la temperatura mínima de media invernal a los 32,8°C de media estival. Además se presentan temperaturas máximas que en verano superan los 35°C en muchos días y temperaturas mínimas por debajo de -2°C en el invierno.

También es significativa la oscilación térmica diaria, con unas amplitudes medias mensuales mas acusadas en los meses de verano (de hasta 16°C en julio), y menores en invierno (en torno a 6,9°C).

Es un clima seco, con una humedad relativa de media del 50%, que registra los valores mínimos en verano con un 37% y máximos en invierno con un 71%.

El cielo está casi siempre despejado, con pocos días nublados y altos valores de irradiancia solar (W/m^2).

Los valores medios de temperatura seca son ligeramente diferentes según el observatorio de registro dentro de la ciudad de Madrid. (Ver tabla 2.1)

En Madrid capital, existen tres estaciones meteorológicas completas, donde además de datos de temperatura

¹⁸ Resumen extraído de la Agencia Estatal de Meteorología, con el registro de datos climáticos de la ciudad de Madrid, del observatorio de Retiro.

Tabla 2.1

Valores medios de temperatura seca y humedad relativa

Observatorio Retiro (<i>situación urbana central</i>)	enero	julio
Temperatura mínima / máxima	2,7°C	32,8°C
Humedad relativa	71%	37%
Observatorio Cuatro Vientos (<i>situación urbana suroccidental</i>)	enero	julio
Temperatura mínima / máxima	1,3°C	32°C
Humedad relativa	76%	41%
Observatorio Barajas (<i>sit. urbana nor oriental</i>)	enero	julio
Temperatura mínima / máxima	0,7°C	30,7°C
Humedad relativa	71%	37%

y humedad se registran datos de viento. Están localizadas en Cuatro Vientos, situada al sur-oeste del río Manzanares; en el interior del parque de El Retiro (en la parte central de la isla térmica urbana), y por último la de la estación de Barajas, junto al aeropuerto.

En los espacios exteriores urbanos, hay que considerar que las variables definitorias del clima, van a ser modificadas por las edificaciones, las actividades y factores externos tan determinantes como la contaminación atmosférica. De forma, que podemos hablar de la existencia de un microclima urbano, caracterizado por la presencia de más temperatura, menos humedad y un régimen de vientos turbulentos con respecto al entorno circundante, donde la situación relativa con respecto a la isla térmica va a ser un condicionante clave, según se detalla en 2.4.

2.2 Características del viento en la ciudad de Madrid

Las condiciones topográficas de Madrid condicionan su régimen local de vientos. En efecto, encontramos la vaguada del río Manzanares, como elemento diferenciador entre las dos riberas, presentando la del Este un importante desnivel con respecto al cauce del río. La vaguada de la Castellana y la del arroyo del Abroñigal (actual M-30), estructuran la geomorfología base del territorio, modificada por los procesos de construcción en la expansión urbana, pero que nos servirán para matizar los datos de las estaciones de registro de datos de viento.

Combinando las características geomorfológicos con los datos de vientos disponibles, se establecen las hipótesis siguientes:

- + Se considera el río Manzanares y su ribera como un elemento natural diferenciador para establecer la división de influencia entre los observatorios de Cuatro Vientos y Retiro.
- + Para los distritos más periféricos situados al este, se tomarán como indicativos los datos del observatorio de Barajas.

La información de los datos de viento, se ha extraído del CR-ROM “Rosas de Viento”, publicado por el Ministerio de Medio Ambiente Dirección General del Instituto Nacional de Meteorología en Junio de 2002. Esta información incluye rosas de viento de 16 rumbos, con registros mensuales, la frecuencia con que ha soplado el viento en cada dirección (en tanto por ciento) en intervalos de velocidad de 0,5 a 2 m/s; de 1 a 4 m/s; de 4 a 8 m/s y por último velocidades superiores a 8 m/s.

De estos datos pormenorizados, se han agrupado los datos mensuales de los meses de invierno y los de verano, para establecer las conclusiones de este estudio, promediando los datos de los meses de diciembre, enero y febrero para el invierno, y los de junio, julio y agosto para el verano. (Ver tabla 2.2, 2.3, 2.4 Datos de viento)

Tabla 2.2

Datos de viento
Estación de Retiro

viento	verano	invierno
viento dominante	45 ° (12,11 %) NE	45 ° (10,45 %) NE
vientos mínimos	335 ° (1,74 %) NO	335 ° (1,16 %) NO
calmas	21 %	30 %
velocidad promedio	2-4 m/s (45,91 %)	2-4 m/s (33,53 %)

No existe una variación considerable entre las condiciones de invierno y de verano.
Las calmas son mayores en invierno.

Tabla 2.3

Datos de viento
Estación de Cuatro
Vientos

viento	verano	invierno
viento dominante	255 ° (13,81 %) SO	225 ° (11,68 %) SO
vientos mínimos	155 ° (1,74 %) SE	155 ° (1,81 %) SE
calmas	11 %	25 %
velocidad promedio	2-4 m/s (52,32 %)	2-4 m/s (32,38 %)

No existe una variación considerable entre las condiciones de invierno y de verano.
Las calmas son mayores en invierno.
Es el observatorio que registra el menor porcentaje de calmas.

Tabla 2.4

Datos de viento
Estación de Barajas

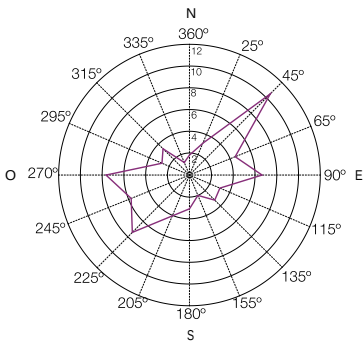
viento	verano	invierno
viento dominante	245 ° (12,11 %) SO	360 ° (9,15 %) N
	270 ° (7,39 %) O	
vientos mínimos	155 ° (1,74 %)	90 ° (1,12 %) E
calmas	33 %	45 %
velocidad promedio	2-4 m/s (40,22 %)	2-4 m/s (29,48 %)

Existe una variación considerable en el rumbo dominante de los vientos entre invierno y verano. Del mismo modo son mayores las calmas en invierno.

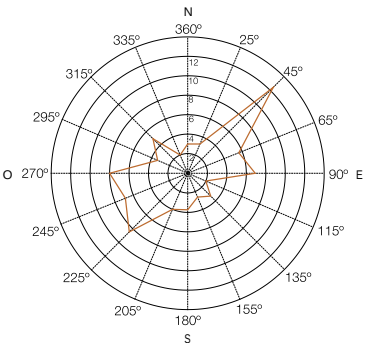
Retiro

invierno

verano



<i>calmas</i>	21 %
<i>velocidades</i>	
0.5-2 m/sg	21.50%
2-4 m/sg	45.91%
4-8 m/sg	10.96%
> 8 m/sg	0.84%

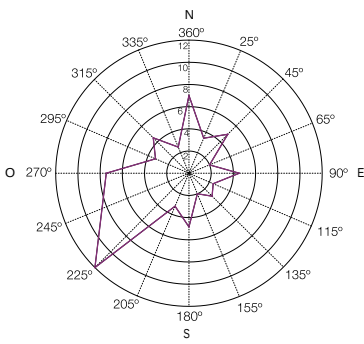


<i>calmas</i>	30 %
<i>velocidades</i>	
0.5-2 m/sg	23.84%
2-4 m/sg	33.53%
4-8 m/sg	10.77%
> 8 m/sg	1.96%

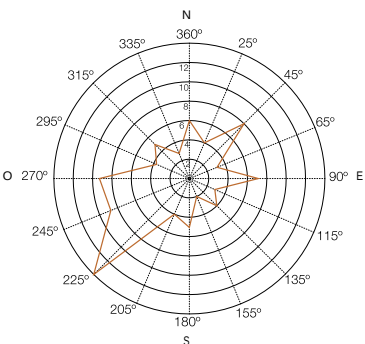
Cuatro Vientos

invierno

verano



<i>calmas</i>	11 %
<i>velocidades</i>	
0.5-2 m/sg	18.08%
2-4 m/sg	52.32%
4-8 m/sg	17.32%
> 8 m/sg	1.14%

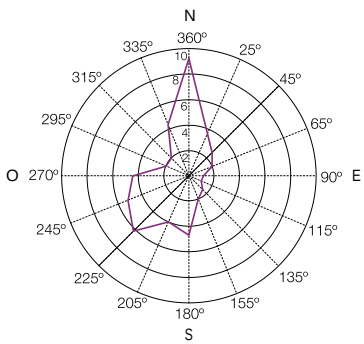


<i>calmas</i>	25 %
<i>velocidades</i>	
0.5-2 m/sg	21.71%
2-4 m/sg	32.38%
4-8 m/sg	16.59%
> 8 m/sg	4.11%

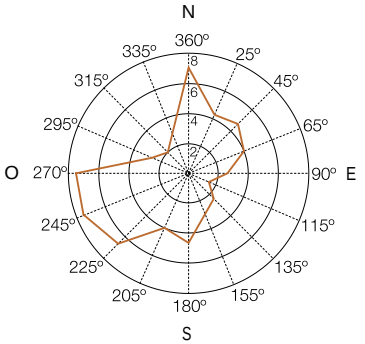
Barajas

invierno

verano

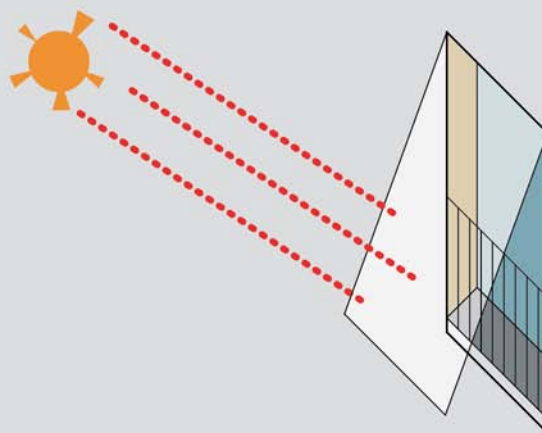


<i>calmas</i>	33 %
<i>velocidades</i>	
0.5-2 m/sg	4.73%
2-4 m/sg	40.22%
4-8 m/sg	18.51%
> 8 m/sg	3.42%



<i>calmas</i>	45 %
<i>velocidades</i>	
0.5-2 m/sg	6.45%
2-4 m/sg	29.48%
4-8 m/sg	13.96%
> 8 m/sg	5.31%

Entre mayo y septiembre los huecos acristalados deben estar protegidos de la radiación solar directa



2.3 El clima y el microclima madrileño

Las condiciones particularizadas de temperatura y humedad, considerando las peculiaridades de Madrid y de su realidad topográfica, derivan hacia unas matizaciones con respecto al clima general, que se enmarcan dentro del microclima madrileño. Sus aspectos más destacados en relación a las necesidades de bienestar de las personas, son los siguientes:

+ Presencia de numerosos meses infracalentados.

A lo largo de todo el año tipo de temperaturas, en casi todos los meses hay algunas horas en las que hace falta calor. Si corresponden a días en los que por la tarde hace calor excesivo, el frío de la noche puede compensarse con el calor del día, siempre que los edificios tengan suficiente masa térmica.

+ **Grandes oscilaciones térmicas diarias.** Desde abril a octubre, las condiciones climáticas del día cambian bruscamente con respecto a la noche, en ocasiones drásticamente (salto térmico de 17°C en agosto).

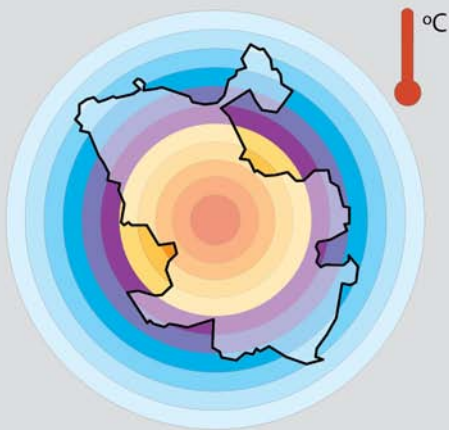
+ **En verano, entre junio y agosto es necesaria la ventilación,** como estrategia fundamental para el acondicionamiento interior de las edificaciones.

+ Sombreamiento exterior de los acristalamientos. Entre mayo y septiembre **los huecos acristalados deben**

estar protegidos de la radiación solar directa. Obsérvese que son casi cinco meses. En este sentido, además es determinante la orientación de las fachadas, ya que desde los 45° acimut SO hasta los 120°O, existe un arco en el cual el sobrecalentamiento de la fachada es excesivo para lograr un bienestar térmico interno de las estancias.

+ **Diferencias entre las necesidades matutinas y las vespertinas.** Con relación a la mañana y la tarde, las mañanas suelen ser frescas, no hace calor hasta el mediodía solar, incluso en los meses más calurosos, (si se está protegido de la radiación); mientras que las tardes suelen ser más calurosas desde junio a septiembre, prolongándose estos efectos incluso durante la noche y las primeras horas de la madrugada.

Al análisis del año tipo, hay que añadir las consideraciones relativas a años con temperaturas extremas, bien por encima o por debajo de lo que es considerado como año medio. El interés de aportar este tipo de situaciones extremas es importante, ya que se da el caso que existan situaciones térmicas fuera de los años tipo climáticos analizados anteriormente, para los cuales, el edificio también debe poder protegerse adecuadamente. Además la inestabilidad de temperaturas por cuestiones globales del planeta, suma más incertidumbre de cara al futuro, como consecuencia del calentamiento planetario global principalmente.



Isla térmica de Madrid

2.4 La isla térmica de Madrid

Los contaminantes de la ciudad establecen una diferencia de enfriamiento y calentamiento con respecto al espacio circundante, provocando un calentamiento conocido como isla térmica.

Con respecto a la **isla térmica** de la ciudad de Madrid, pueden sintetizarse las siguientes conclusiones¹⁹:

+ Durante el día, o al menos en las primeras horas de la mañana, la superficie sólida de la ciudad aparece térmicamente más fría que el campo circundante, por lo que aquella emite menos calor que este. En realidad se trata de un ritmo de calentamiento y **almacenamiento de calor diferencial**: en la ciudad la respuesta a la insolación del sol es más lenta que en el campo y asimismo, su configuración y composición conducen a una absorción-almacenamiento de calor solar más importante. Durante la noche las situaciones se invierten: las zonas de la periferia se enfrían más rápidamente que la ciudad; dentro de ella la liberación de calor es más lenta (asociada a su mayor inercia térmica).

+ Los mapas de isotermales y perfiles térmicos de diferentes calles madrileñas, ponen de manifiesto la existencia de una **isla térmica de calor nocturna** con diferencias de temperaturas más acusadas en **el invierno con oscila-**

ciones de 6°C a 9°C con tiempo estable y despejado. Es clara la disminución de la radiación térmica desde el Centro-Ensanche hacia la periferia. Tres son los factores básicos: primero, la recepción de calor solar, variable según la orientación por los efectos de sombras, especialmente visible en las calles; segundo, el tipo de material, su mayor o menor inercia térmica y más o menos emisividad; también influye la situación en el conjunto de la ciudad



Comportamiento diferenciado de las superficies asfaltadas, las edificaciones y las zonas verdes

¹⁹ López Gómez, Antonio; López Gómez, Julio; Fernández García, Felipe; Moreno Jiménez, Antonio; "El clima urbano. Teledetección de la isla de calor en Madrid". 1993, ed. MOPT, págs 149 y siguientes.

por los mecanismos de transferencia térmica que concurren en las distintas partes de ella.

+ Destacan el comportamiento diferenciado de tres elementos urbanos en Madrid: **las superficies asfaltadas, las edificaciones y las zonas verdes**. Las primeras almacenan mucho calor durante el día y lo emiten lentamente por la noche. En los edificios el fenómeno se atenúa, debido esencialmente a las diferencias del material de las fachadas y las cubiertas. Las cubiertas empizarradas, o metálicas durante el día se sobrecalientan y por la noche pierden rápidamente el calor, apareciendo por la noche como puntos fríos. Por último, las zonas verdes aparecen como espacios templados, frescos o fríos, según las características de la vegetación, tipo de acabados superficiales, densidad, etc. En contraste con los espacios abiertos baldíos o sin cubierta vegetal, que se comportan de igual forma que las zonas edificadas de la periferia madrileña.

+ Los máximos térmicos, se localizan en la calle de Alcalá, paseo de la Castellana y en el centro urbano. Se observan importantes diferencias en la red viaria, debido a la orientación, anchura y situación de la calle. Así **las calles con eje Este-Oeste** son las que reciben la mayor insolación posible, apreciándose diferencias notables con respecto a las de directriz Norte-Sur. También la presencia de arbolado en las calles, atenúa su calentamiento. Las vías más anchas, las plazas y los aparcamientos en superficie son los que reciben la mayor insolación, apreciándose en estos casos un gradiente desde el centro más cálido hacia los extremos. En una misma calle, la presencia de edificaciones y su altura, es determinante para su enfriamiento nocturno ("sky view factor" o proporción de cielo visible), a mayor proporción más rápido enfriamiento, por lo que las calles del **casco histórico** son las que permanecen más calientes, por esta circunstancia, a lo largo del año.

+ Los **mínimos térmicos se sitúan**, en la vaguada del Manzanares y otros menores y puntuales junto a espacios abiertos, parques, o zonas más forestales.

+ Existe un **gradiente decreciente entre el centro urbano y la periferia** y finalmente aparecen otras islas de calor menores coincidentes con los centros de localida-

des de la periferia (Alcobendas, Alcorcón, Getafe, etc). En Madrid, aparecen claramente tres espacios urbanos caracterizados por la isla térmica:

a) Áreas urbanas compactas con unas temperaturas medias elevadas y con presencia de abundantes focos de calor, más intensos en las calles, las plazas y las zonas de aparcamiento en superficie. El tipo de materiales y la densidad de edificaciones contribuyen al calentamiento de estas zonas, que coinciden con una temperatura del aire también muy elevada, localizándose aquí la isla de calor más intensa.

b) Zonas de menor densidad de edificaciones, tanto en volumen como en superficie ocupada por la red viaria, destacan con temperaturas descendentes con respecto a la anterior, ya que disminuyen en cantidad e intensidad los focos de calor, enfriados más rápidamente al existir una menor reflexión hacia la superficie. El rasgo más sobresaliente es la heterogeneidad: apareciendo contrastes muy significativos entre los espacios construidos y los vacíos.

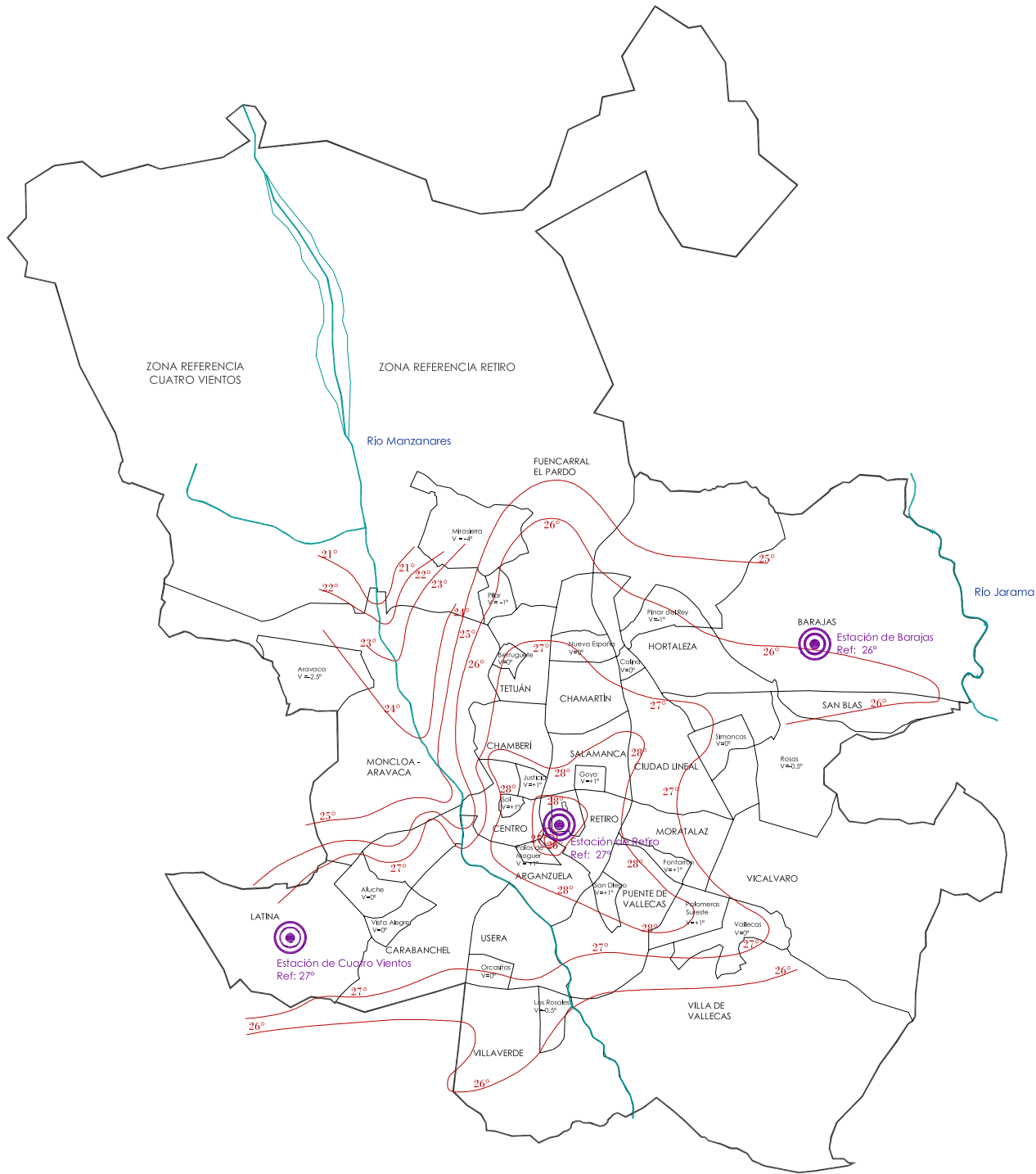
c) Zonas rururbanas que en conjunto son las más frías. Los focos de calor se hallan muy atenuados por el rápido enfriamiento, solo aparecen algunas calles y zonas de aparcamiento como puntos cálidos, y puntos fríos en las cubiertas de fibrocemento o metálicas. El resto son espacios templados.

+ Con tiempo perturbado por nubosidad o lluvias, la isla de calor es débil y en presencia de viento, la isla se traslada a sotavento. Durante el día, la isla de calor es débil. Prácticamente inexistente en las primeras horas de la mañana.

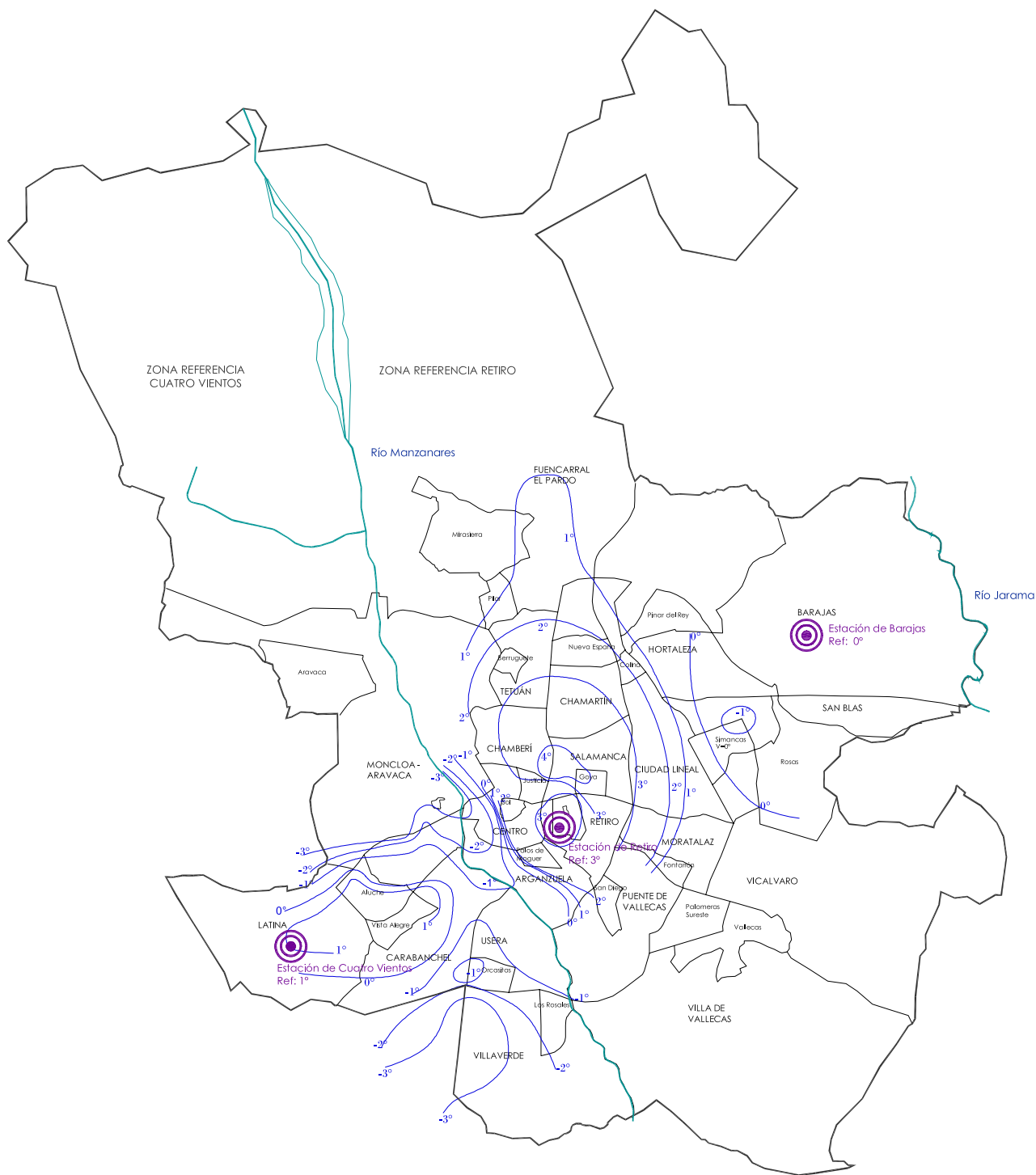
Se adjuntan los planos sintéticos de la variación de la isla térmica en invierno y en verano, de la ciudad de Madrid.

2.5 Los climogramas de Madrid

El climograma es un gráfico que relaciona las condiciones de bienestar de la mayor parte de las personas con los datos de temperatura seca, humedad relativa y otros datos ambientales. Desde Olgay es un extraordinario método de evaluación térmica de los espacios exterior-



Isla térmica verano. Isotermas que reflejan la vaguada del río Manzanares. Diferencia máxima de 9°C entre centro y periferia.



Isla térmica invierno. Diferencia de 6°C entre centro y periferia.



Los distritos más fríos son los que siguen la línea del Manzanares

res urbanos y sirve además para plantear las primeras estrategias para mejorarlas (aporte de agua, captación de la radiación solar y viento)²⁰. Actualmente también el climograma de bienestar adaptado (CBA) se utiliza para estos objetivos²¹.

Los climogramas de los diferentes barrios madrileños evidencian diferencias condicionadas por las características de su tejido y fundamentalmente por su situación en función de la isla térmica de Madrid. Los climogramas seleccionados para que ilustren este análisis son los que figuran en la tabla 2.4 ²². (Ver tabla 2.4)

Entre los distritos de Madrid se detectan algunas diferencias, que pueden llegar a ser de hasta 7°C tanto en invierno como en verano. Los distritos más fríos son los que siguen la línea del Manzanares, como consecuencia de las bolsas de aire frío de la sierra que arrastra el río en su descenso; son, por tanto, Fuencarral, Moncloa y Aravaca en la zona norte, y Villaverde en la zona sur. Un segundo punto frío se manifiesta al Este, debido a la proximidad del río Jarama, con una zona singularmente fría en Hortaleza. Por el contrario, las menos frías en inviernos, con los que hay una diferencia de hasta 7°C, se establecen en el barrio de Salamanca y en Chamberí. Por el contrario, las zonas más calurosas son aquellas donde se manifiesta más intensamente el efecto de isla

térmica. Son los distritos de Centro, Salamanca, Retiro, Arganzuela, llegando, incluso, hasta el Puente de Vallecas. Los distritos más frescos en verano se dan en el norte de la capital, Fuencarral, Moncloa y Aravaca.

Con los climogramas se determinan los rangos de temperaturas de bienestar higrotérmico en función de la actividad de los ocupantes de los edificios (se han considerado viviendas y actividad administrativa), de la configuración típica de los cerramientos (aislamiento y proporción de huecos) y del arropamiento propio de cada época del año. Posteriormente, se relacionan esos rangos de temperaturas con las temperaturas horarias que se dan a lo largo de los doce meses del año, para obtener conclusiones. Los climogramas de bienestar indican también las estrategia de acondicionamiento pasivo que deben emplearse en cada caso para mantener la condiciones de bienestar, si se tienen, o para alcanzarlas.

Esas estrategias son muy elementales para que puedan aplicarse con toda la riqueza de los matices. Son:

+ Necesidad de radiación; cuando se trata de periodos fríos. No quiere decir que el confort se pueda alcanzar sólo con radiación; en las condiciones menos extremas se podrá conseguir, pero en momentos muy fríos la radiación solar será sólo un complemento y

²⁰ Olgyay, V; "Design with Climate", Ed. Princeton University Press, New Jersey, 1963. Ed. en castellano: "Arquitectura y clima. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas", Gustavo Gili, Barcelona, 1999.

²¹ Neila, Francisco Javier, "Arquitectura Bioclimática", Ed. Munilla-Lleria, Madrid, 2004.

²² Trabajo elaborado por Manuel Moreno Slagter, ETSAM.

Tabla 2.4.
Climogramas
seleccionados

Zona homogénea según tipología del tejido urbano de Madrid	Barrio
casco	1. Sol
crecimientos planificados	2. Goya
crecimientos espontáneos	3. Berrugete
bloque abierto	4. Barrio del Pilar
ensanches periféricos	5. Orcasitas
cascos anexionados	6. Villa de Vallecas
vivienda unifamiliar	7. Aravaca
tejidos industriales y de actividad económica	8. Simancas

un ahorro energético. Para el clima de Madrid, y a lo largo de un año tipo, los meses en los que no sería suficiente la radiación solar, incluso con la mejor concepción arquitectónica, serían diciembre y enero, y, tal vez, febrero.

+ **Cargas internas;** cuando es suficiente con el calor generado en el interior del edificio (ocupantes, alumbrado artificial y equipos con consumo eléctrico) para alcanzar la temperatura de bienestar mínima.

+ **Zonas de bienestar extendidas;** rangos de temperaturas que se pueden considerar de bienestar, aunque existirá un 20% de personas insatisfechas.

+ **Zona de bienestar;** rango de temperaturas que provocan el bienestar higrotérmico al porcentaje mayor de individuos. Estas condiciones deben conservarse evitando las sobrecargas solares. Por tanto, resulta imprescindible aplicar el sombreado total a los puntos delicados del edificio (los huecos acristalados), desde este momento y en todas las horas en las que la temperatura exterior pueda ser igual o superior a la de bienestar.

+ **Necesidad de ventilación;** cuando es suficiente emplear el movimiento del aire, con las condiciones exteriores existentes, para reducir la sensación hasta alcanzar la de satisfacción térmica.

+ **Calor excesivo;** cuando ya no es suficiente con el movimiento del aire, ya que su temperatura es excesivamente

alta o su velocidad debería ser muy elevada, y es necesario recurrir a sistemas naturales o artificiales de enfriamiento.

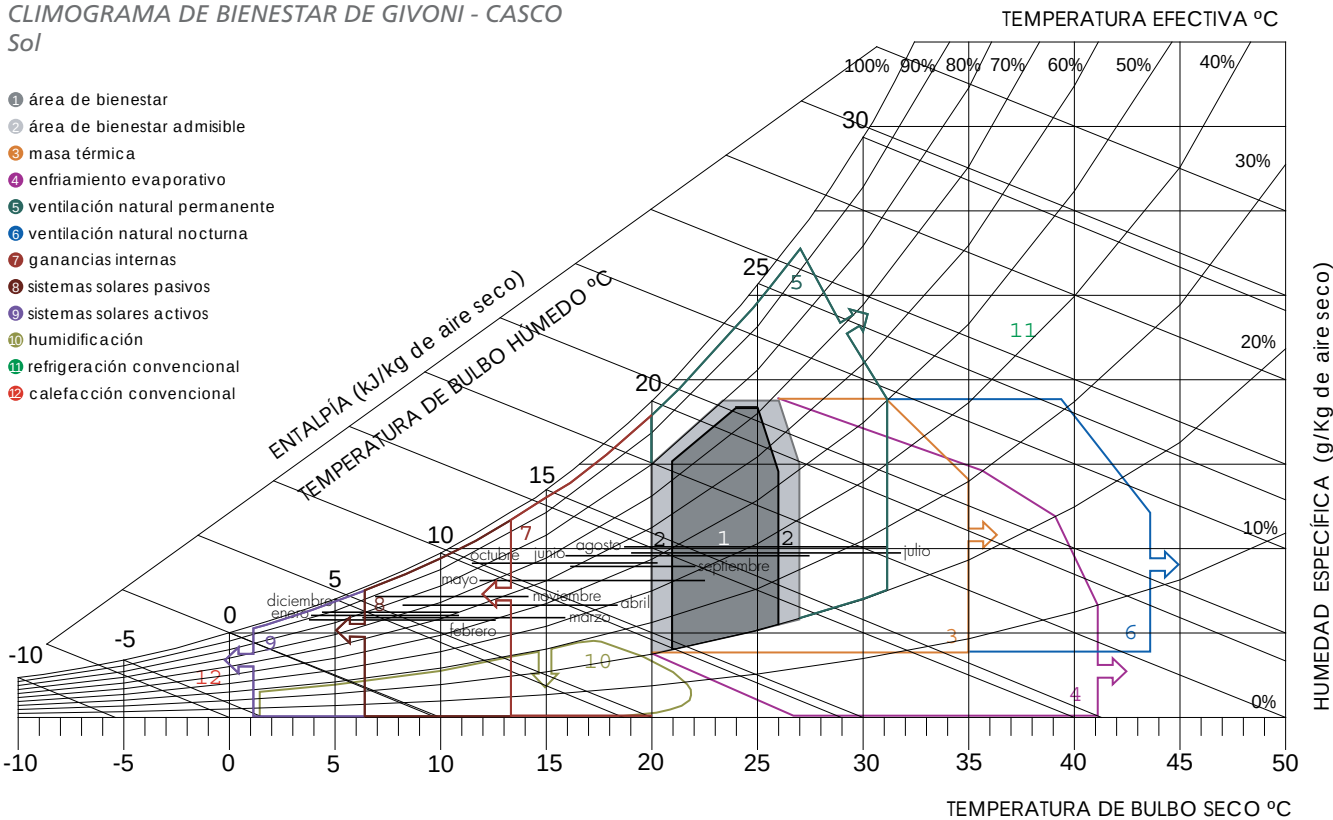
A todas estas zonas se les puede añadir el efecto de la masa térmica, la ventilación exclusiva durante la noche o los sistemas de enfriamiento evaporativo. Todas estas acciones son estrategias muy válidas para Madrid: enfriamiento evaporativo, porque la humedad relativa de Madrid durante el verano es bajísima; ventilación nocturna, porque en un clima cálido seco como éste la temperatura durante la noche baja notablemente; y la masa térmica, por el mismo motivo anterior, permitiendo amortiguar los golpes térmicos que produce el clima, tanto de calor diurno como de frío nocturno, y acumular los efectos de las estrategias, tanto de calentamiento como de enfriamiento, durante las 24 horas del día. Debería ser una premisa imprescindible si se quiere construir en sostenibilidad y ahorrar energía aprovechando los recursos naturales.

2.6 Las necesidades térmicas para Madrid en invierno y verano

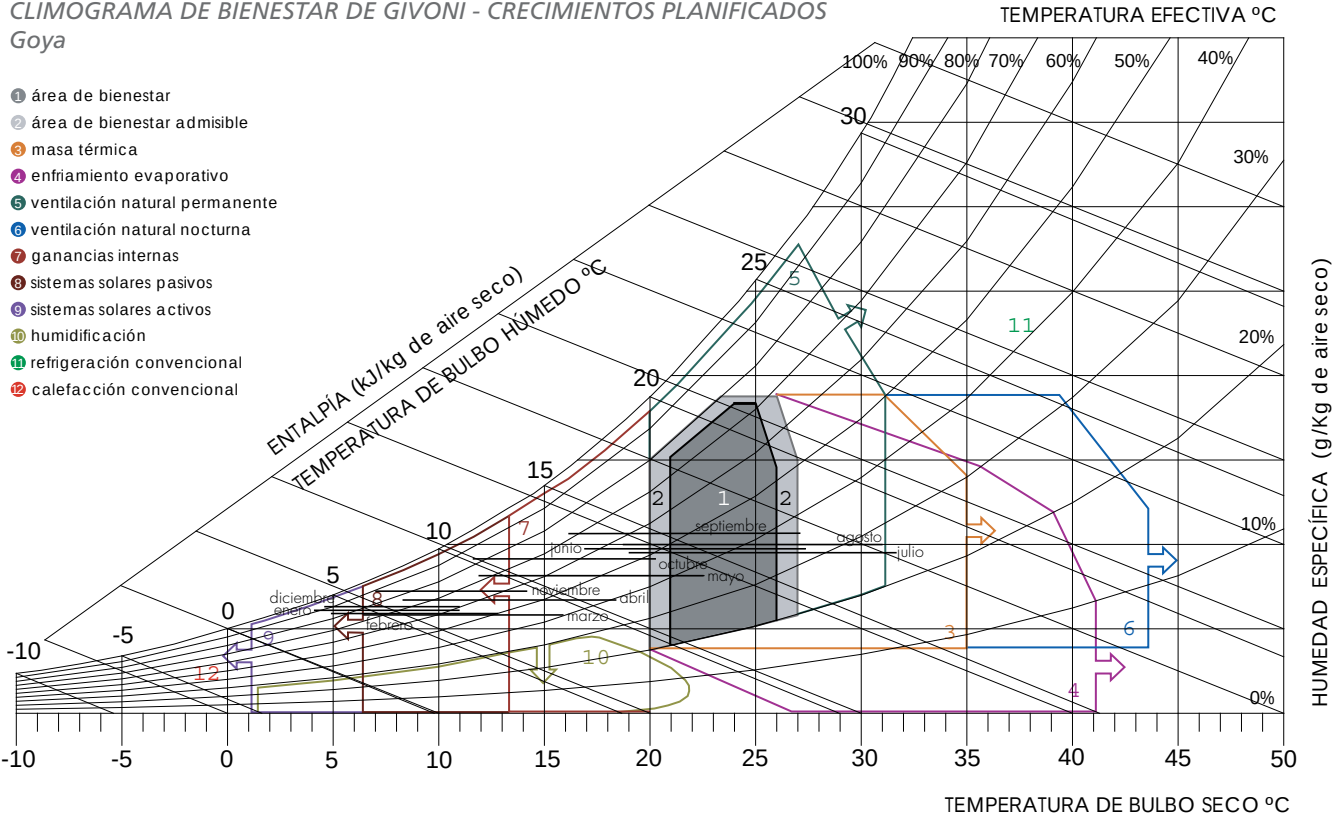
Los climogramas de bienestar analizados para los distintos barrios madrileños arrojan las siguientes necesidades térmicas en el interior de las edificaciones:

+ Es necesaria una aportación de radiación máxima a lo largo de todo el día durante los meses de enero, febrero, marzo, octubre, noviembre y diciembre.

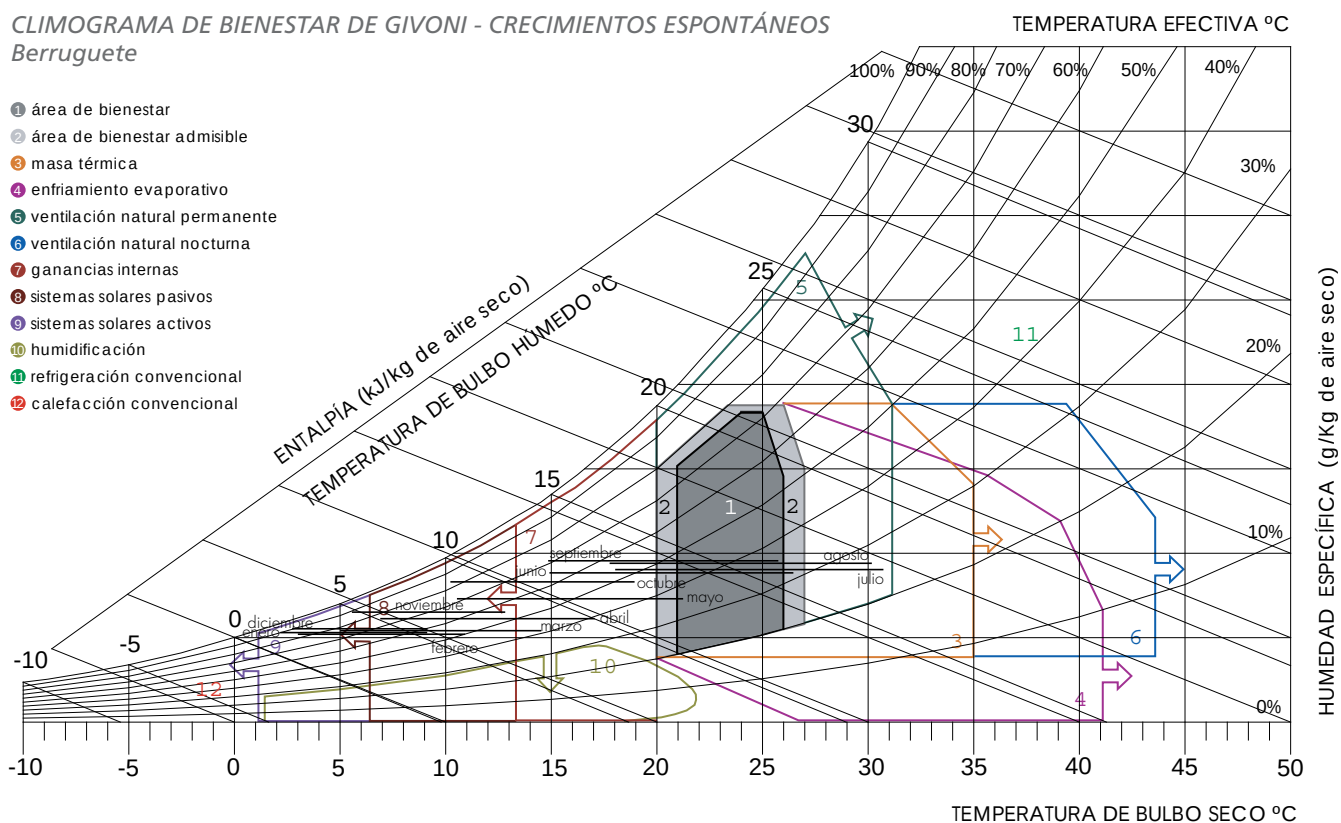
CLIMOGRAMA DE BIENESTAR DE GIVONI - CASCO Sol



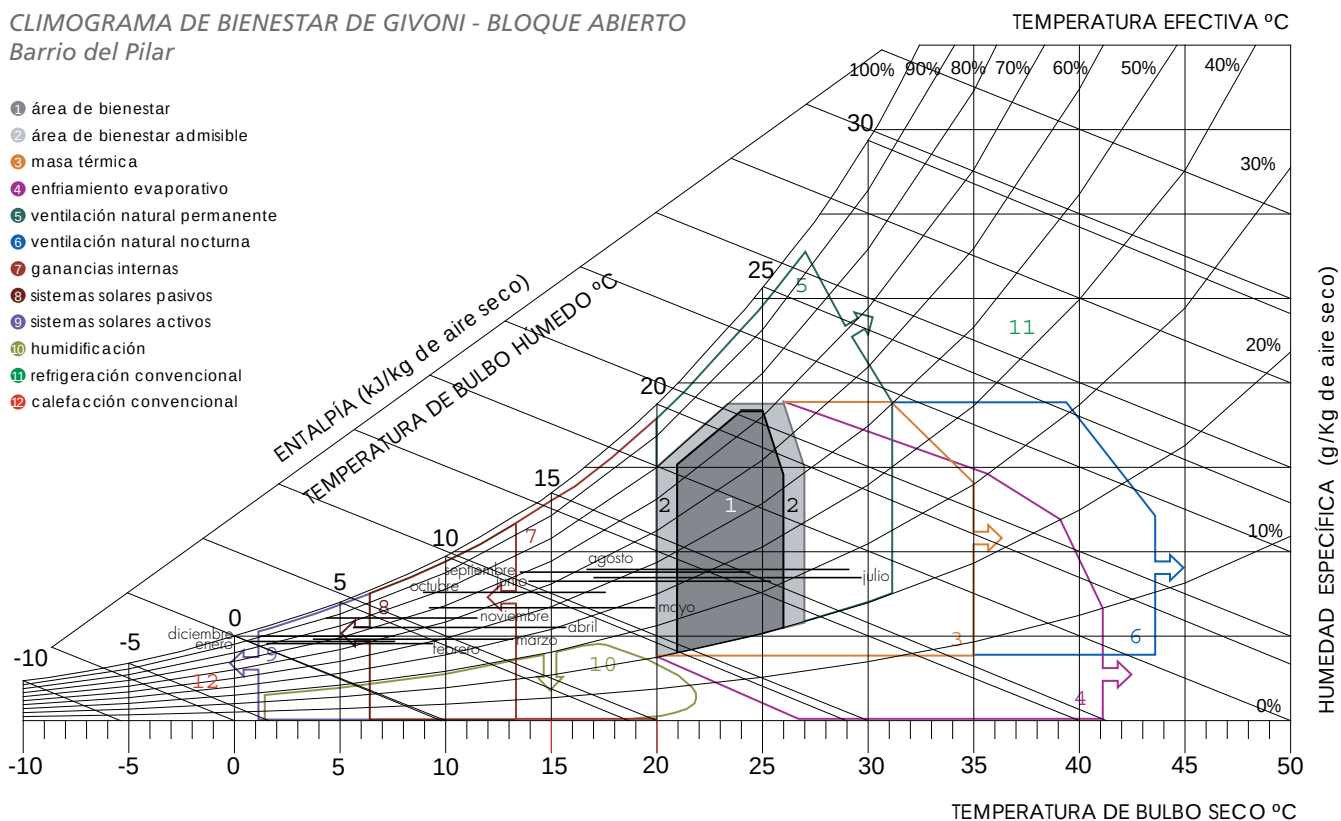
CLIMOGRAMA DE BIENESTAR DE GIVONI - CRECIMIENTOS PLANIFICADOS Goya



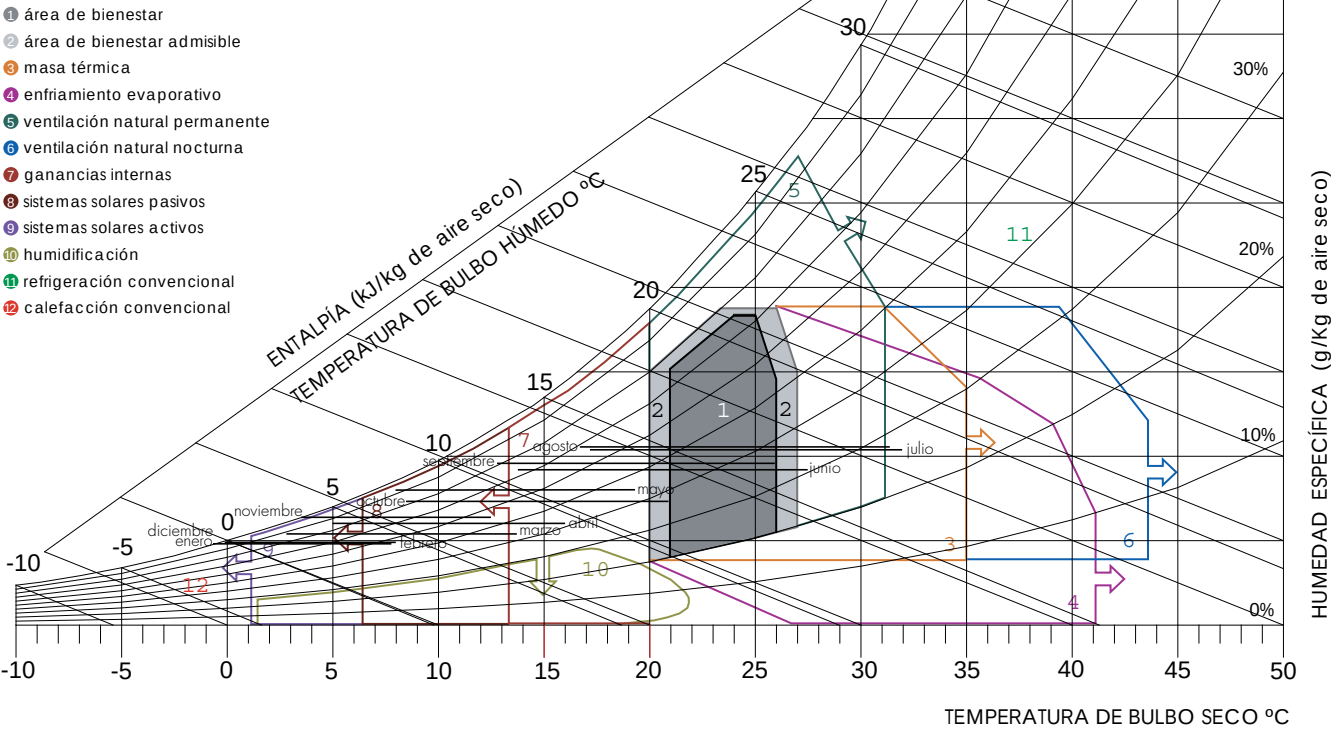
CLIMOGRAMA DE BIENESTAR DE GIVONI - CRECIMIENTOS ESPONTÁNEOS Berruete



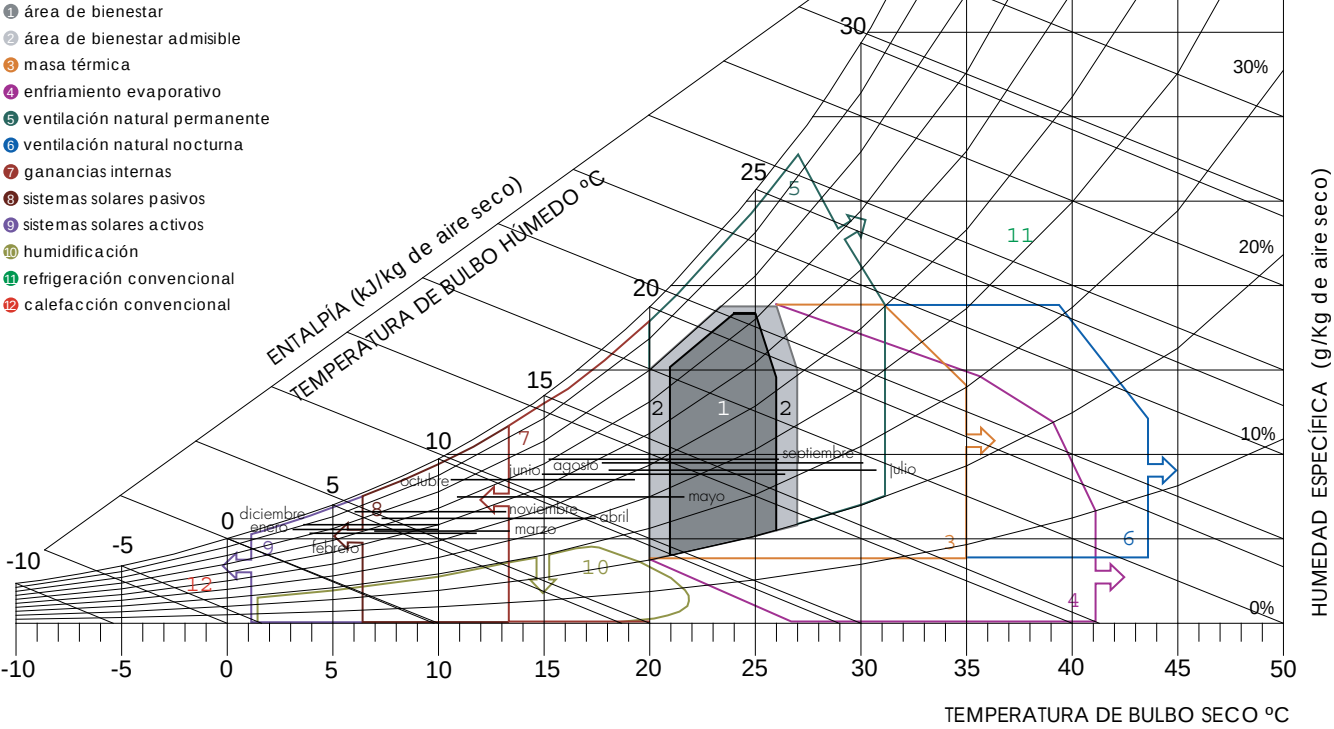
CLIMOGRAMA DE BIENESTAR DE GIVONI - BLOQUE ABIERTO Barrio del Pilar



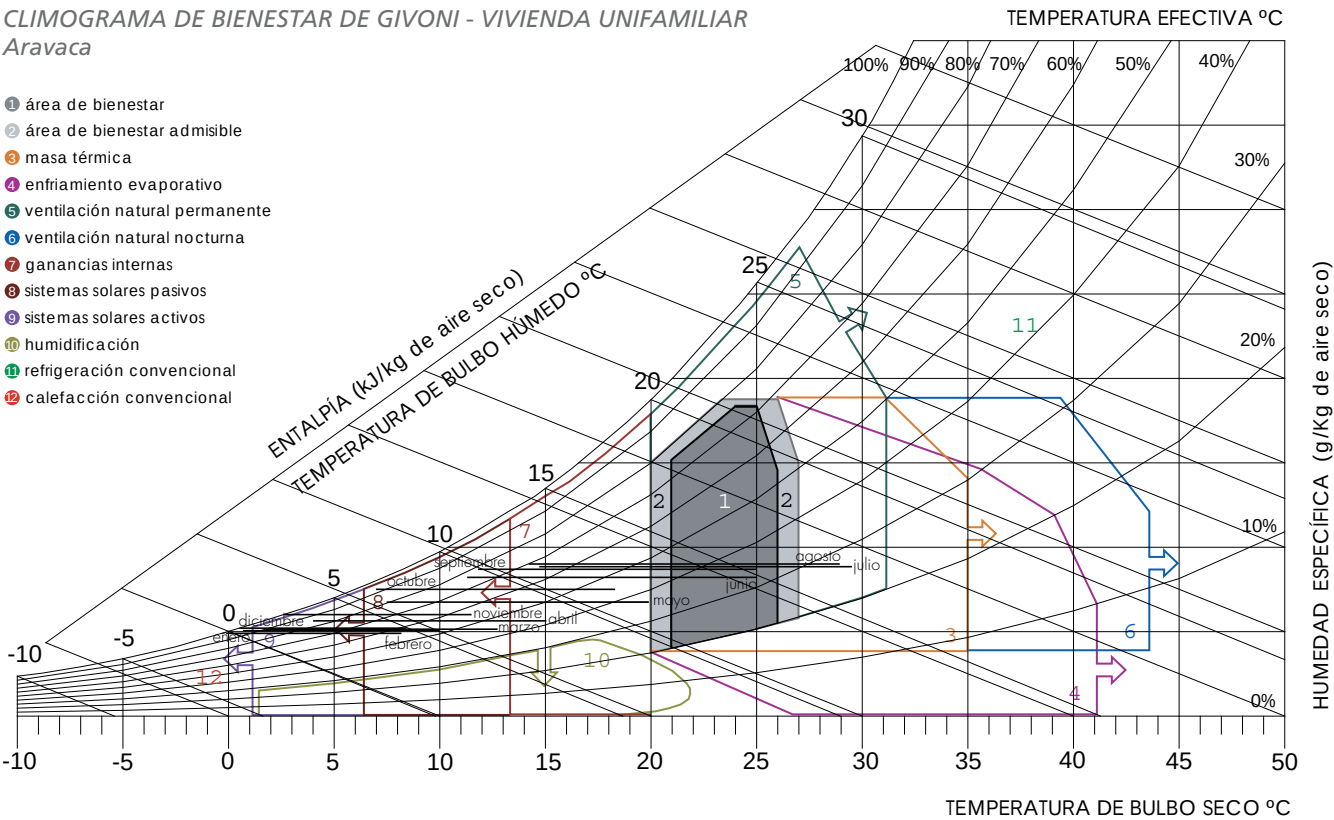
CLIMOGRAMA DE BIENESTAR DE GIVONI - ENSANCHES PERIFÉRICOS
Orcasitas



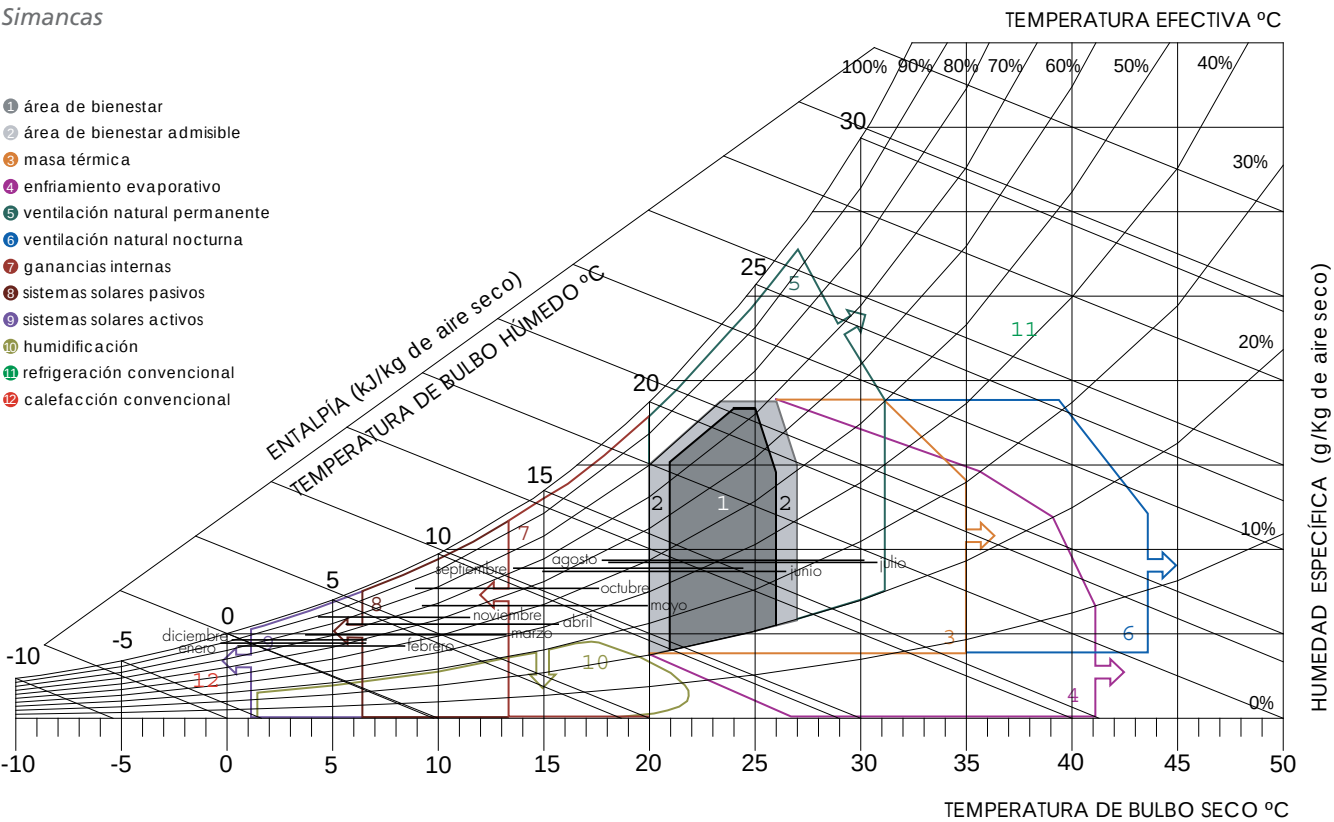
CLIMOGRAMA DE BIENESTAR DE GIVONI - CASCOS ANEXIONADOS
Villa de Vallecas



CLIMOGRAMA DE BIENESTAR DE GIVONI - VIVIENDA UNIFAMILIAR
Aravaca



CLIMOGRAMA DE BIENESTAR DE GIVONI - TEJIDOS INDUSTRIALES Y DE ACTIVIDAD ECONÓMICA
Simancas



+ En el mes de abril, en las primeras horas de la tarde, puede ser suficiente con las cargas internas.

+ A primeros del mes de mayo se amplían las horas cubiertas por cargas internas durante la mañana y a finales de la tarde, y, desde las 13:00 hasta las 18:00 (según barrios), se alcanza el confort (con un 20% de insatisfechos, con algo de frío). Durante la noche y hasta las 11:00 de la mañana siguiente sigue necesitándose la aportación de calor radiante.

+ A mediados de mayo, y hasta junio, se alcanza el bienestar de casi todas las personas, durante, al menos el 25% de las horas del día (las de la tarde concretamente), y otro 25% de horas se alcanza el bienestar extendido o queda cubierto con cargas internas espontáneas. Durante la noche y hasta las 10:00 de la mañana siguiente se necesita la aportación de calor radiante, previa su acumulación diurna.

+ En junio, la zona de bienestar se traslada a la mañana y a últimas horas de la tarde, siendo las horas centrales de bienestar extendido (con un 20% de insatisfechos, con algo de calor). Durante la noche y hasta las 10:00 de la mañana se necesita la aportación de calor radiante.

+ De mediados de junio hasta mediados de agosto se entra en un nuevo panorama, en el que aparecen unas horas centrales con exceso de calor que podrían cubrirse con ventilación, siempre y cuando se haya evitado por completo la radiación solar directa de los huecos desde las 10:00 de la mañana. Por tanto es preciso la protección exterior de los huecos en las fachadas este, sur y oeste.

+ En el mes de septiembre se repite una situación muy parecida a la de mayo, con días y horas de bienestar, horas y días de bienestar extendido, necesidad de sombra, pero también necesidad de calor sobre todo por la noche.

En un cuadro mensual las necesidades térmicas de Madrid, para un año tipo son las que figuran en la tabla 2.5.

Evaluando las necesidades encontramos tres situaciones:

+ Con sensación térmica de frío, 6/12 meses, enero, febrero, marzo, octubre, noviembre y diciembre.

+ Con sensación de bienestar por las mañanas y en por las tardes o noches siempre que se libere el calor almacenado por el día, 3/12 meses: abril, mayo y septiembre.

+ Con sensación de exceso de calor, 3/12 meses, junio, julio y agosto.

Caracterizando el día en mañanas, mediodía, tardes y noches, hay tres situaciones generales, de frío, bienestar y calor, con la siguiente distribución mensual recogida en la tabla 2.6.

Como resumen se puede decir, que en Madrid:

+ A lo largo de todo el año siempre hay algunas horas en las que hace falta calor. Si corresponden a días en los que por la tarde hará calor excesivo, el frío de la noche puede compensarse con el calor del día, siempre que los edificios tengan suficiente masa térmica.

Tabla 2.5 Caracterización térmica del año madrileño tipo

Necesidades	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
De radiación solar												
De acumulación liberándola por la noche												
De cargas internas												
Bienestar por las mañanas												
De ventilación a mediodía, tardes y noches												
Protección de huecos												

Tabla 2.6 Distribución mensual de situaciones de frío, bienestar y calor en el interior de las edificaciones

División del día	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Mañanas	f	f	f	f	f	b	b	b	f	f	f	f
Mediodía	f	f	f	b	b	b	c	c	b	f	f	f
Tardes	f	f	f	b	b	c	c	c	b	f	f	f
Noches	f	f	f	f	f	b	c	c	f	f	f	f

f: frío b: bienestar c: calor



Parque del Retiro

+ Desde abril a octubre las condiciones climáticas del día cambian pasando de unos periodos a otros, en ocasiones drásticamente.

+ Entre junio y agosto es necesaria la ventilación.

+ Entre mayo y septiembre los huecos deben estar completamente protegidos de la radiación solar directa.

+ Con relación a la mañana y la tarde, las mañanas suelen ser frescas, no hace calor hasta el mediodía solar, incluso en los meses más calurosos, si se está protegido de la radiación solar directa o difusa, mientras que las tardes suelen ser muy calurosas desde junio a septiembre, prolongándose estos efectos incluso durante la noche y las primeras horas de la madrugada.

Si analizamos los años extremos, los particularmente calurosos y los particularmente fríos, encontraremos periodos de exceso de calor entre junio y septiembre, y periodos de sombra que se extenderán de abril a mediados de octubre. En ese tipo de años, en ningún momento del día de los meses de mayo a septiembre sería necesario aportar nada de calor. Por su parte, en los años fríos se reduce el periodo de sombra ligeramente con relación al año tipo.

2.7 El bienestar térmico en los espacios exteriores urbanos

Investigadores de numerosos países sobre el confort térmico de la ciudad, concluyen que la calidad, cantidad y

forma de uso de los espacios públicos urbanos son determinantes en gran parte por sus condiciones climáticas y microclimáticas (Nikolopoulou, 2001). En situaciones tan extremadas como es el caso del clima madrileño, el usuario debe tener la posibilidad de encontrar espacios adecuados para la situación invernal y la estival, cada uno con unas respuestas propias. En los espacios exteriores de las ordenaciones residenciales se debe considerar para el confort térmico:

1º. Con respecto a la temperatura seca, van a ser determinantes las características del plano horizontal (para la reflexión solar dependiendo del color de la superficie) y las sombras arrojadas por las edificaciones en altura, (serán significativas siempre que haya bloques o edificaciones de mas de cinco plantas, o por la proximidad entre fachadas). Además, no hay que olvidar , la temperatura radiante de los paramentos verticales, que irradian el calor acumulado durante las horas de sol, hacia el espacio exterior (si son de color oscuro -ladrillo visto o enfoscados oscuros-, esta irradiancia puede llegar a ser muy significativa).

2º. Con respecto a la humedad ambiental, la presencia de la vegetación va a ser determinante. Su localización, porte y tipo de especies condicionarán la cantidad de humedad ambiental gracias a la fotosíntesis de las plantas. La presencia de fuentes, o agua superficial puede aumentar los niveles de humedad del ambiente, (en este caso hay que valorar el balance entre el agua suministrada y la evaporada, ya que en los meses de julio y agosto en Madrid

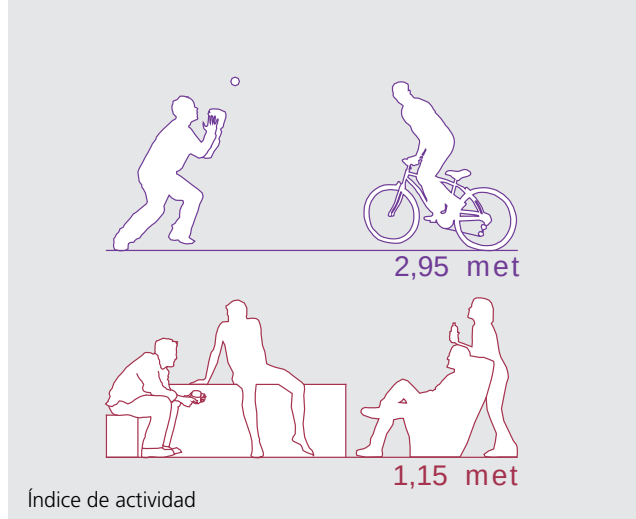


Tabla 2.7 Rangos de actividad de las actividades en el espacio exterior

	actividad reposada sentarse	actividad moderada caminar	actividad alta deporte
niños	---	2,95 met	2,95 met
adultos		2,95 met	>2,95 met
ancianos	1,15 met	2,95 met	---

Datos extraídos de J.Neila, Acondicionamiento térmico, 2004, ed. Munilla Lería

la evaporación es muy alta y puede no resultar sostenible si el agua no es reciclada o previamente almacenada).

3º. Por último, con respecto a la variable del viento, la presencia de edificaciones en altura, o torres introduce unas turbulencias en el espacio, difíciles de predecir, y variables a lo largo del año. También los cambios de rasante, modifican las corrientes de viento superficiales más en contacto con los espacios por donde circulan las personas, por lo que condicionarán el uso de estos lugares.

Cuando se habla del confort térmico de espacios exteriores, existen tres factores determinantes, que son el tipo de usuarios (niños, adultos o ancianos), la actividad que realicen en el espacio y el arropamiento. Las tres variables condicionan el climograma de bienestar adaptado (Neila 2004).

Podemos establecer las actividades del espacio exterior en tres rangos recogidos en la tabla 2.7.

De acuerdo con Neila 1,15 met corresponde a personas sentadas y 2,95 met a adultos jugando a la petanca. Se toma también este valor para los niños, debido a que una menor superficie corporal compensa una mayor actividad.

Con respecto al arropamiento, la cantidad de ropa que llevamos puesta nos ayuda a conseguir el bienestar térmico en los espacios exteriores, sobre todo en el in-

vierno, ya que bien arropados y al sol, se pueden estar en una situación agradable, aunque la temperatura sea baja. La escala de arropamientos es la recogida en la tabla 2.8.

Estudiando las variaciones mensuales de temperatura y humedad del climograma de bienestar adaptado para las situaciones de verano e invierno, desde las 11.00 de la mañana a las 18.00 de la tarde, con estos grupos de edad y arropamientos se puede concluir, que en los espacios exteriores de Madrid:

En las zonas para actividades sedentarias: 1,15 met.

+ Existe confort el 15,4 % de los días del año (primavera y otoño).

+ Existe disconfort el 84,6% de los días del año por frío, por lo que es necesario la radiación solar en estos espacios, no exponerlos a corrientes de viento, y no aportar más humedad al ambiente.

En las zonas para actividades moderadas, 2,95 met.

+ Existe confort el 27,1% de los días del año (otoño y primavera).

+ Existe disconfort por frío el 63,7% de los días del año, que precisan radiación solar directa.

+ Existe disconfort por calor el 9,2% de los días del año,



Tabla 2.8 Escala de arropamientos

Arropamiento	Tipo de vestimenta
0,5 clo	Ropa ligera de verano
1,0 clo	Ropa de entretiempo, primavera y otoño en el exterior e invierno en interior
1,5 clo	Ropa de invierno en el exterior

Buenas prácticas

En resumen, y considerando todo el año, la estrategia más necesaria para lograr el confort térmico de los espacios abiertos, va a ser que estén expuestos a la radiación solar. Factor que va a ser determinante frente al resto, y que en muchos casos será el que establecerá la mejor localización de los espacios abiertos y su mayor uso. Aunque siempre será deseable que haya espacios exteriores de invierno y de verano o zonas especialmente acondicionadas para cada una de las estaciones con temperaturas y humedad diferenciadas.

que precisan sombra, más evaporación (desde 30% al 80%, Neila 2004) y ventilación de estos espacios abiertos, (desde 0,2 a 2,0 metros por segundo, Neila 2004).

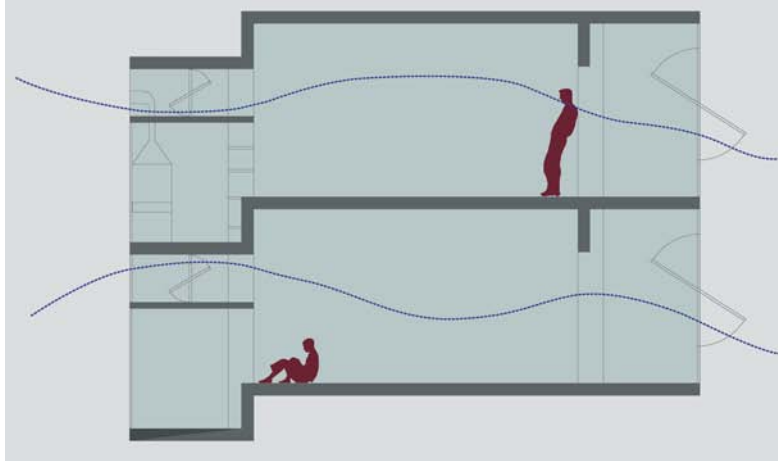
2.8 Las estrategias para el confort térmico en invierno y verano

Por tanto, las estrategias específicas para Madrid, deben ser:

+ La orientación prioritaria de las fachadas al **sur** (aprovechamiento del arco sur, sur-este y sur-oeste), que debe ser predominante frente al resto de orientaciones. Se debería estudiar la masa térmica necesaria para mejorar las ganancias internas y así compensar el intenso frío de algunas noches y mejorar el acondicionamiento del verano.

+ **La protección del acristalamiento de los huecos** en verano y su **correcta orientación** para permitir las captaciones en invierno. Es conveniente que las edificaciones dispongan de **elementos flexibles** o móviles para poder adaptarse a las circunstancias particulares de sombreamiento a lo largo del año. Los acristalamientos de las fachadas sur, este y oeste siempre deberán tener medidas de sombreamiento. Concretamente, **la fachada oeste** es la más sobrecalentada en verano, por tanto deberá minimizarse su superficie o extremarse su aislamiento en cualquier tipología edificatoria o reducir la proporción de acristalamiento o extremar las medidas de sombreamiento y además aportar humedad y viento en el entorno (facilitando un microclima exterior favorable).

+ La disposición de los huecos y la distribución interior de las viviendas, de forma que permitan la **ventilación**



Ventilación cruzada. Sección edificio viviendas Jaraguá. Arquitecto: Mendes da Rocha

cruzada directamente o mediante la incorporación de algún dispositivo específico de acondicionamiento pasivo (lo mejor viviendas pasantes de fachada a fachada o también adecuados patios abiertos de arriba a abajo, o chimeneas solares, etc.).

+ Mejora del **microclima** en los espacios libres abiertos próximos a la edificación con vegetación caduca, y elementos diversificados que aporten humedad al ambiente en verano (fuentes, surtidores, suelos permeables, etc), pero que faciliten el paso de los rayos de sol en el invierno.

+ Aprovechamiento de la radiación sobre la **cubierta**. La máxima radiación solar en verano sin obstrucciones, se produce sobre el plano horizontal de la edificación, por lo

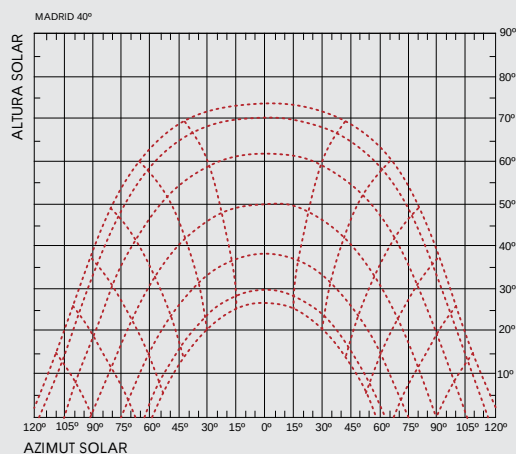
que se deberá considerar, bien para la colocación de elementos de captación solar (que generen agua caliente sanitaria o energía eléctrica), o bien para cubiertas verdes.

+ Favorecer el diseño de **terrazas** con protecciones verticales, o con ajardinamiento vegetal caduco en la orientación oeste, para aumentar la protección solar y el aporte de humedad ambiental.

+ Buscar el **confort térmico de los espacios abiertos** garantizando su exposición a radiación solar aunque adecuadamente sombreados en los meses de verano. Sería deseable prever espacios exteriores de invierno y de verano o zonas especialmente acondicionadas para cada una de las estaciones con temperaturas y humedad más contrapuestas.

Buenas prácticas

En resumen, el clima de Madrid es extremado lo que implica la necesidad de adoptar soluciones flexibles que sirvan tanto para el invierno como para el verano. En todo caso las estrategias principales en edificación serán la orientación prioritaria de fachadas al sur, la protección de huecos principalmente de fachadas sur y oeste, la ventilación cruzada, el diseño de elementos de sombra oeste y el aprovechamiento de la radiación sobre la cubierta para sistemas de captación, colocados sobre soluciones que impidan el sobrecalentamiento de los espacios habitados al interior. En cuanto al confort térmico de espacios libres se debe garantizar su soleamiento y el empleo de vegetación caduca para el sombreado y mejora microclima en meses de verano.



Carta solar cilíndrica de Madrid, latitud 40°N

3 Buenas prácticas bioclimáticas y de eficiencia en la escala urbana

3.1 Criterios relativos a la adecuación entre la ordenación y el medio

Se debe producir una interacción positiva entre los desarrollos residenciales y el medio en el que se proyectan. Si se proyecta ignorando los condicionantes del soporte y del clima, el resultado provocará una disfuncionalidad importante, mayores impactos sobre el suelo, la flora y la fauna, y una menor eficiencia del sistema urbano proyectado.

Los factores bioclimáticos relativos a soleamiento, ventilación y evapotranspiración son fundamentales de considerar en la ordenación y decisivos para garantizar la eficiencia en el uso de recursos, si bien hay otros elementos del medio físico a los que deberá adaptarse la ordenación si esta se realiza con criterios de urbanismo bioclimático²³.

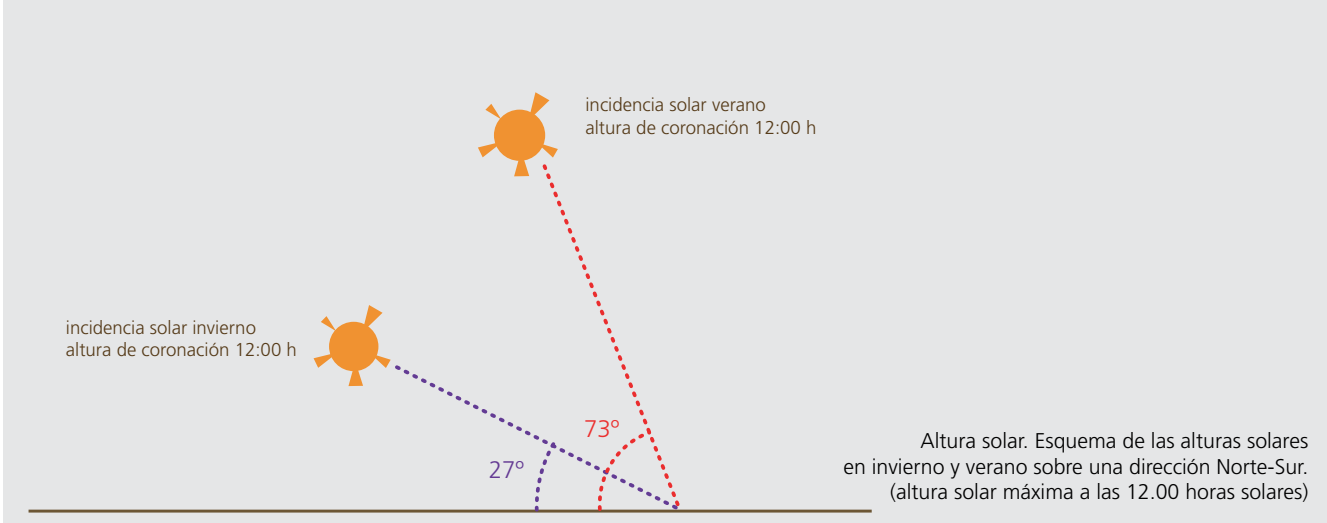
3.1.1 Factores bioclimáticos

Las posibilidades reales de radiación solar disponible en Madrid

El recorrido del sol en la bóveda celeste establece unos condicionantes básicos y determinantes para el diseño y bienestar de cualquier tejido urbano. Todo ello junto con la traslación de la tierra, delimitan anualmente situaciones urbanas más favorables para determinados usos que otros, influyendo en la zonificación de acuerdo con el soleamiento de la ciudad. También condicionan los diseños de las fachadas de los edificios, y determinan muchos factores de la red de espacios libres y zonas verdes de la ciudad.

El estudio de los movimientos del sol y el viento tiene el objeto de introducir estos elementos como factores determinantes a la hora de planificar la ciudad existente o propuesta, para obtener las mejores condiciones de soleamiento y mejorar la calidad de vida de sus ocupantes. Estas estrategias están directamente relacionadas con el bienestar y con el aprovechamiento de los recursos renovables y por lo tanto implicarán la reducción del gasto energético y la contaminación urbana de las ciudades, que es lo que se persigue con este trabajo. Algunas soluciones son simples y elementales, pero resulta significativo que se apliquen tan poco. Además de los planteamientos generales, existen otros más pormenorizados

²³ Se entiende por el concepto de Urbanismo Bioclimático, aquella forma de planificación en la que las variables del territorio, el clima y el ambiente entran a formar parte decisiva en el proceso de diseño y gestión urbana. Se podría resumir en una frase: A cada lugar una planificación. Ester Higuera, "Urbanismo bioclimático", Barcelona, editorial Gustavo Gili. 2006.



también significativos, como el estudio de sombras arrojadas sobre los espacios urbanos (muy importante en las áreas de edificación en altura, siempre aconsejable, si son de más de cinco plantas), o el soleamiento de las fachadas de los edificios.

Para conocer con exactitud la posición del sol en un lugar, día y hora determinado se definen las coordenadas solares. Las coordenadas solares son coordenadas esféricas (angulares) y determinan la posición del sol sobre la bóveda celeste²⁴.

En Madrid, las condiciones de soleamiento, en invierno y en verano varían de la siguiente forma:

El azimut solar

Es el ángulo que mide el desplazamiento del sol en el plano horizontal. Establece por lo tanto el recorrido solar en planta. Se suele medir desde el sur, que es el origen de referencia de los ángulos, sobre una circunferencia en grados sexagesimales (360°, normalmente, o si son 180° con sentido positivo o negativo). El sol sale por el este (orto) y se pone por el oeste (ocaso), y recorre el día siempre por el sur. Sin embargo, es importante decir, que los ortos y los ocasos varían a lo largo del año. El recorrido mínimo se registra en el solsticio de invierno y el máximo en el de verano. En Madrid, capital:

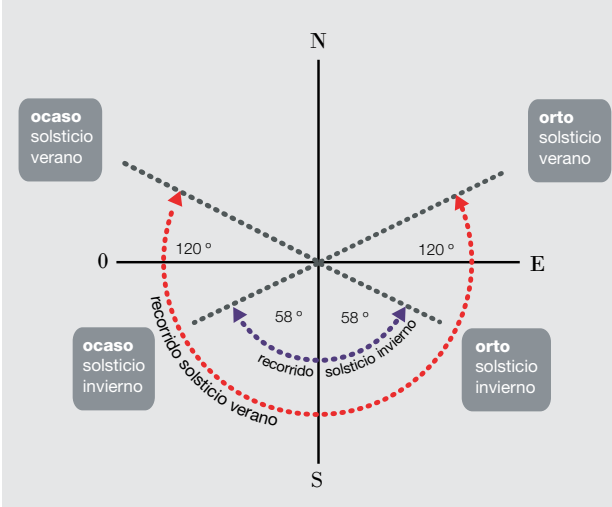
Latitud del lugar	Azimut del Orto y ocaso del invierno	Azimut del Orto y ocaso del verano
40° Norte, Madrid	58° este y oeste	120° este y oeste

Obsérvese como en el invierno el orto referenciado al sur, forma un ángulo menor a 90°; mientras que en el verano, se rebasan ampliamente los 90°. Estas consideraciones van a ser de gran importancia a la hora de situar las edificaciones en la ciudad, ya que siempre hay que considerar la situación del invierno con la del verano, de forma que en cada estación la orientación favorezca la captación de sol, o se proteja de ella, de acuerdo con las condiciones particularizadas del clima local.

La altura solar

Es el ángulo que forma la posición del sol respecto del plano del horizonte. Se mide en grados, desde el orto (0°) hasta la altura de culminación de cada día (las 12 horas solares). A partir de mediodía, empieza a descender hasta el ocaso. Las alturas solares también son diferentes con respecto a la latitud del lugar, registrándose las alturas máximas entre los trópicos, y las mínimas desde los círculos polares. En el caso de Madrid:

²⁴ Existen manuales para el cálculo tanto gráfico como numérico de las coordenadas solares. Se recomienda, “La ciudad y el medio natural” del profesor J. Fariña, Akal, 2000, ya que se estudia la relación entre el medio urbano y las condiciones de soleamiento y viento.



Azimuth solar.
Esquema de los acimutes solares en invierno y verano. En invierno, el sol recorre desde 60° SE al 60° SW. En los equinoccios 90° E a 90° W. Su recorrido es máximo en el verano, con 120° NE a 120° NW

Latitud del lugar	Altura de culminación del solsticio de invierno	Altura de culminación del solsticio de verano
40° Norte Madrid	27°	73°

A mayor latitud menor altura solar de culminación el mismo día. Estos valores indican que en el invierno, no sólo el recorrido del sol es menor en el plano horizontal sino que además la altura solar es reducida, lo que es determinante ya que cualquier obstáculo (natural o edificatorio) produce sombra sobre otro.

Como se ve, en Madrid las diferencias entre el invierno y el verano, son muy significativas, en cuanto a altura solar y azimuth solar.

Los recorridos del sol deben formar parte de las estrategias para el diseño urbano, donde las relaciones entre el ancho de las calles, la altura de la edificación y la orientación de las fachadas, puede imposibilitar la entrada de la radiación solar invernal (ya que es la situación térmica, más desfavorecida de todo el año, por la escasez de horas de sol).

Horas aconsejables de radiación solar directa mínima

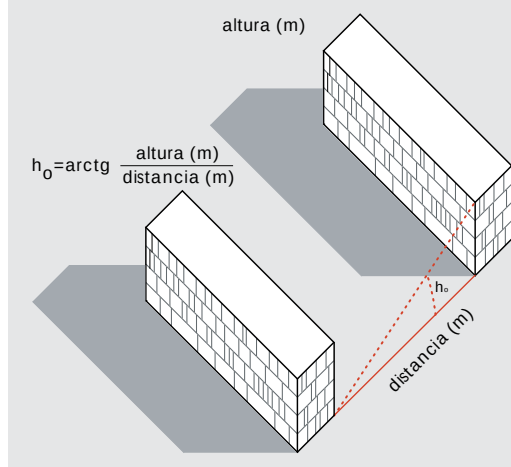
La importancia de la radiación solar directa en el medio urbano se centra principalmente en la intensidad que se recibe en las superficies horizontales, pues son las que predominan en las ciudades. Para determinar la cantidad de sol que incide sobre un espacio libre o edificado, es

imprescindible saber la **irradiancia solar W/m² y su distribución temporal horaria**. Igualmente, el número de horas de sol o asoleo, ya que las nubes, nieblas y otros agentes meteorológicos disminuyen considerablemente las horas de sol de un territorio.

Recordemos, que fueron los arquitectos del Movimiento Moderno, los primeros preocupados por la necesidad de que las viviendas tuvieran sol. La crítica situación higiénica de las ciudades, altamente densificadas, provocaba importantes epidemias y enfermedades. Frente a esta situación aparece una reflexión teórica y práctica, acerca de la necesidad de que en las viviendas diera el sol, y tuvieran ventilación para mejorar las condiciones higiénico-sanitarias.

Se consideró como válido el mínimo de “las dos horas de sol en el solsticio de invierno”, circunstancia que puede ser insuficiente (de 10 a 12 horas por la mañana, por ejemplo). Esta necesidad de dos horas de sol en el invierno, pasó manual tras manual hasta muchas de nuestras ordenanzas actuales.

La necesidad de sol depende del clima de cada lugar. En sitios relativamente fríos, se considera necesario tener al menos **cuatro horas de sol** durante las horas centrales del día, en la situación más desfavorable (el solsticio de invierno). A las 12,00 horas es cuando se produce la máxima altura solar, por lo que se considera suficiente tener la fachada soleada al menos desde las 10,00 hasta las 14,00 horas, englobando de esta manera las horas en las cuales el sol alcanza las alturas



Un edificio producirá una sombra sobre el enfrentado con él en la calle. La relación entre la altura edificatoria, la anchura de la calle y la orientación de la calle puede hacer imposible su soleamiento en las épocas más desfavorables del año

solares mayores y la mayor radiación, ya que el recorrido a través de la atmósfera es mínimo, por lo que sus rayos incidirán más favorablemente sobre las fachadas de los edificios. Con éstas cuatro horas en el centro del día, **queda garantizada el 75% de la radiación solar posible** (según cálculos realizados²⁵). Liberar de obstrucciones el recorrido del sol entre las 10 horas y las 14 horas en el invierno, requiere unas condiciones entre ancho de calles y altura de edificación bastante exigentes, ya que en Madrid la altura solar para conseguir cuatro horas de soleamiento es de 20° a 27° en los meses de diciembre.

En otras situaciones climáticas estos requerimientos pueden variar. La conclusión es no adoptar nunca soluciones climáticas diferentes a nuestra zona de estudio, por lo que la recomendación general es establecer las necesidades de sol, de acuerdo con las estrategias del climograma de cada lugar y con su recorrido solar.

La obstrucción solar urbana

Otro de los condicionantes esenciales derivados de la morfología urbana y provocados por la alta densidad, es el de la obstrucción urbana, o sombra que produce un elemento sobre otro. En la ciudad, la gran proximidad entre los planos de fachadas de la calle dificulta la entrada de sol en las plantas bajas. Para determinar los

valores de la obstrucción solar, es necesario conocer los siguientes parámetros:

- + Distancia medida en planta, perpendicular, entre los dos planos de fachadas de una calle (D en metros).
- + Distancia de la altura, de la cornisa que va a proyectar la sombra sobre el edificio enfrentado con él (H en metros).

La relación entre estas dos medidas es el ángulo de obstrucción solar, H_o .

Un factor determinante relacionado con la obstrucción es la orientación de las calles, ya que relacionando la carta solar cilíndrica con los ángulos de obstrucción solar, se concluye cómo hay algunas orientaciones más ventajosas que otras.

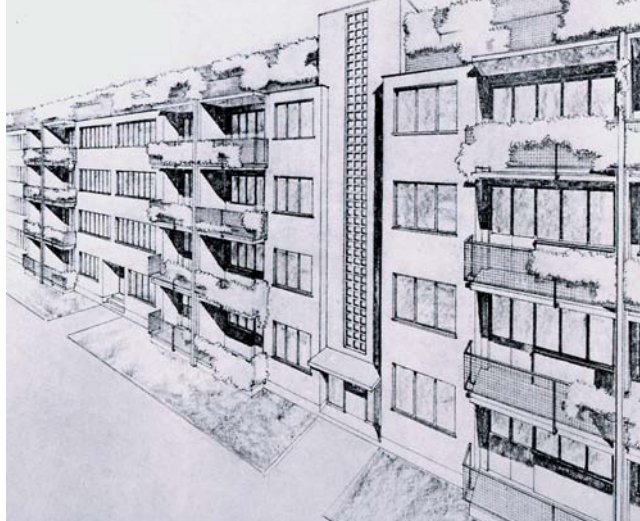
En una situación urbana, son muchos los factores que hay que considerar para mejorar el soleamiento, por orden de prioridad se enumeran:

- + la orientación de las calles
- + la anchura de las calles
- + la altura de las edificaciones
- + la tipología edificatoria
- + las pendientes del soporte

En el CIAM²⁶ de 1930, predomina la teoría de los bloques dispuestos con la ayuda de diagramas heliotérmicos so-

²⁵ El profesor Neila tiene varias publicaciones referidas a estos temas en los Cuadernos del Instituto Juan de Herrera, editados por la ETSAM y el libro "Arquitectura bioclimática" de ed. Munilla Leira.

²⁶ Congreso Internacional de Arquitectura Moderna. (CIAM).



Siedlung Dammerstock, Walter Gropius. 1930

bre el cálculo de la exposición solar de las fachadas. Destaca la construcción de la *Siedlung Dammerstock*, cerca de Karlsruhe, elaborado por Gropius en 1927 y que resume el ideograma teórico del barrio funcional que se puede reducir a cinco criterios básicos:

a) *la clara distinción entre el trazado viario y la trama de los edificios dispuestos en el espacio "en peine" de manera perpendicular a las calles.*

b) *colocación de los bloques de casas en línea sobre un área verde, a una distancia entre sí calculada en relación a su altitud y orientados según los ejes heliotéricos preferenciales en dirección norte-sur.*

c) *la concentración de los servicios colectivos en los márgenes del tejido residencial.*

d) *la concepción adicional del montaje constructivo: varios paneles forman una célula, varias células un bloque en línea, varios bloques un barrio, y así hasta llegar a la ciudad*²⁷.

Al ser viviendas con tipología en bloque, se trataba de no orientar ninguna vivienda al norte, por lo que la solución era seguir un eje norte-sur, en el cual las fachadas de las viviendas tuvieran, una fachada este (que recibe el sol de la mañana) y la otra oeste (que recibe el sol de

la tarde). Esta disposición también tiene desventajas, ya que se pierde todo el potencial de la fachada sur (realmente la idónea en latitudes templadas); y además el sol de la mañana es más aconsejable que el de la tarde, por el recalentamiento del aire. Por lo que se puede concluir, que esta ordenación no tiene ninguna vivienda *perfectamente orientada*, aunque ninguna sin sol.

Con respecto a la tipología de bloque abierto, la separación entre fachadas la abordaba Gropius de una forma más amplia que la simplificación de distanciarlos según la altura del bloque, ya que sugirió, sobre la base de cálculos ilustrados con diagramas gráficos, las "reglas" para la definición de las distancias óptimas entre los edificios:

*(...) iguales a una vez y media la altura de los mismos, en el caso preferible de una orientación norte-sur; y dos veces y media si están orientados este-oeste*²⁸.

Lo que se trasladó a los manuales, fue que las relaciones entre bloques tenían que estar *separados al menos la altura entre ellos*, sin vincularlos a la orientación de las fachadas como proponía Gropius. Esta simplificación produce obstrucciones solares en las fachadas orientadas al sur, y no cumple con las necesidades mínimas de soleamiento consideradas como óptimas.

²⁷ Las ideas de la innovación funcional: de la ciudad industrial a las macroestructuras. página 369 en "Historia del Urbanismo en Europa", Benedetto Gravagnuolo, 1998, Akal. Madrid.

²⁸ W. Gropius, "Costruzioni basse, medie o alte?" en Aymonino (ed). página 178. 1930.

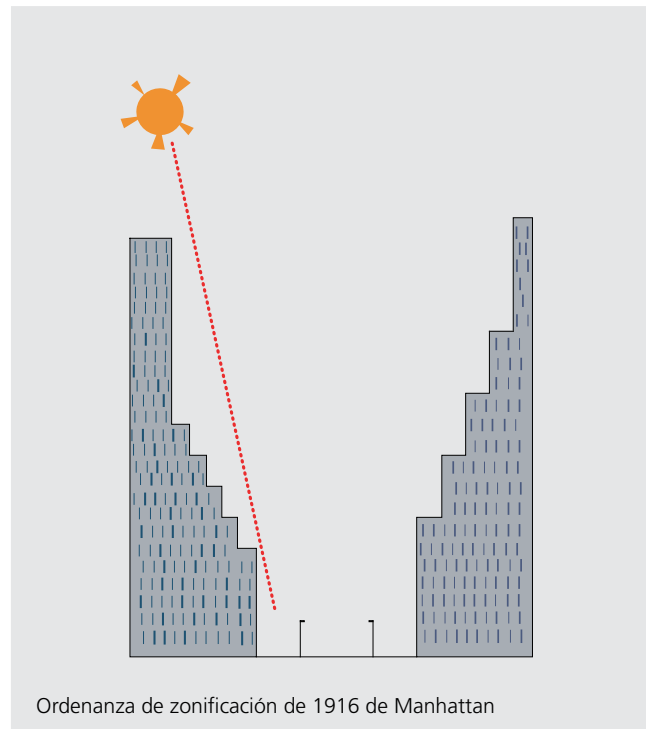
Los arquitectos se preocuparon de conseguir una fachada libre, cuando hubiera sido más oportuno diseñar fachadas diferentes (considerando el recorrido del sol). Tampoco es frecuente que los huecos de los edificios tengan diferentes dimensiones, formas o tipo de vidrio, según las fachadas, que realmente sería lo más conveniente desde el punto de vista del aprovechamiento de la luz y calor procedente del sol en cualquier latitud (es decir, como técnica bioclimática de acondicionamiento pasivo).

También es una paradoja que en algunos de los barrios funcionalistas se proyectaran con una absoluta ausencia de toda referencia a la naturaleza y al lugar, como la *Siedlung Golstein* proyectada por Ernst May, en la cual el carácter aséptico de la ordenación es un barrio isótropo, geométrico y heliotrópico²⁹. Nada más lejos de un planteamiento energéticamente eficiente, que la isotropía ya que el recorrido del sol condiciona las particularidades de cada fachada y cada espacio urbano.

Condiciones generales de soleamiento según las fachadas

Un caso significativo y relevante es la *Ordenanza de zonificación de 1916 de Manhattan*, la cual dividía la ciudad en distritos en los que se limitaba la altura de la edificación sobre la alineación oficial en proporción al ancho de calle. A partir de ese límite el edificio tenía que retranquearse a razón de un pie de retranqueo por cada dos pisos construidos. Esto dio lugar a la profusión de edificaciones escalonadas, y muchas incluso con planos inclinados para que pudiera entrar el sol. Es curioso que esta ordenanza no fijaba la altura máxima de la edificación, lo que da lugar a rascacielos escalonados (casi interminables), que hoy forman parte indiscutible de la imagen de la ciudad. El derecho de soleamiento de las edificaciones colindantes dio lugar a estas ordenanzas.

Dado que el sol tiene un recorrido de este a oeste por el sur, el diseño de las fachadas se verá completamente condicionada por esta circunstancia. Esta diferenciación



de fachadas según orientación, es muy frecuente observarla en las edificaciones populares, ya que abrir un gran hueco en la fachada norte (si el clima es frío), supone un enfriamiento innecesario. Sin embargo, las galerías acristaladas, las balconadas, etc, en la fachada sur favorecen el efecto invernadero³⁰. Parece que este criterio tan elemental lo hemos olvidado en las edificaciones actuales. Como recomendaciones generales se citan las siguientes, para un clima continental: Considerar la orientación de cada fachada a la hora del soleamiento: la fachada que más radiación recibe es la sur, la que menos la norte. La este recibe el sol de la mañana y la oeste el de la tarde. La oeste siempre deberá estar protegida por el efecto del sobrecalentamiento del aire. Estas protecciones pueden ser de muy diversa naturaleza, fijas, móviles, externas, internas, brise-soleils, toldos, etc, soluciones que han aparecido a lo largo de la historia. Además es aconsejable crear un microclima externo beneficioso, por ejemplo con arbolado caduco en la acera orientada al oeste o presencia de agua.

²⁹ AA.VV. "Socialismo, città, architettura". Roma 1971.

³⁰ El efecto invernadero se refiere a la tendencia característica de algunos materiales transparentes como el vidrio a transmitir la radiación de longitud de onda corta (la radiación incidente) y a detener la de onda mayor (la radiación reflejada y emitida por cuerpos opacos como los del interior de la edificación). El efecto invernadero depende directamente del factor solar del acristalamiento. También existen galerías de arquitectura vernácula, que protegen del viento o de la lluvia.

Tabla 3.1 Captación solar en fachada y huecos en invierno
Orientación fachada

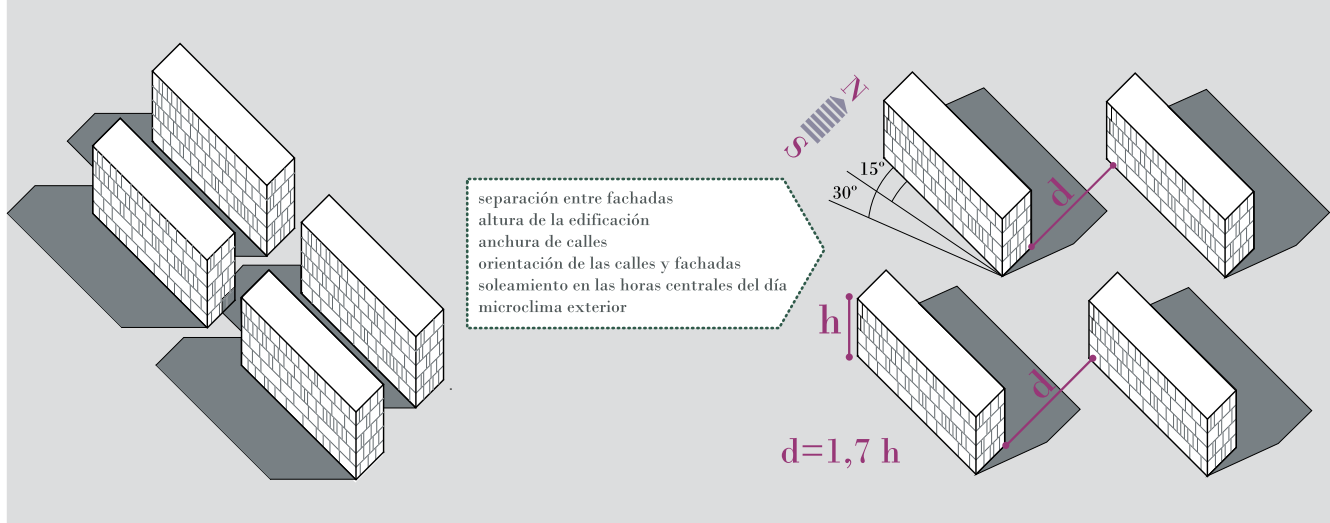
Directriz calle Este-Oeste	Fachada NORTE	Imposible, en ningún caso
	Fachada SUR	Posible en plantas altas, a partir de la segunda planta *
Directriz calle Noreste-Suroeste	Fachadas SURESTE y SUROESTE	Posible captación en plantas altas aproximadamente a partir de la 4ª planta en calles estrechas y de la 3ª en calles más anchas Posible en últimas plantas en los meses de enero, diciembre y noviembre*
	Fachadas ESTE y OESTE	Posible solo en la última planta en los meses de febrero y octubre *

* hay que definirlo específicamente sobre la sección de calle correspondiente

Tabla 3.2 Captación solar en fachada y huecos en verano
Orientación fachada

Directriz calle Este-Oeste	Fachada NORTE	El sol incide en las primeras horas de la mañana y últimas de la tarde con ángulos muy alejados de la perpendicular a la fachada y afecta solo a las plantas altas, salvo por reflejos de fachadas enfrentadas
	Fachada SUR	El sol incide en todas las plantas
Directriz calle Noreste-Suroeste	Fachadas SURESTE y SUROESTE	El sol incide en todas las plantas a partir de la planta baja a finales de mayo, junio y principios de julio El sol incide en todas las plantas a partir de la 1ª planta *
	Fachadas ESTE y OESTE	El sol incide en todas las plantas en junio El sol incide en plantas altas aproximadamente desde la 2ª planta en mayo y julio *

* hay que definirlo específicamente sobre la sección de calle correspondiente



Buenas prácticas

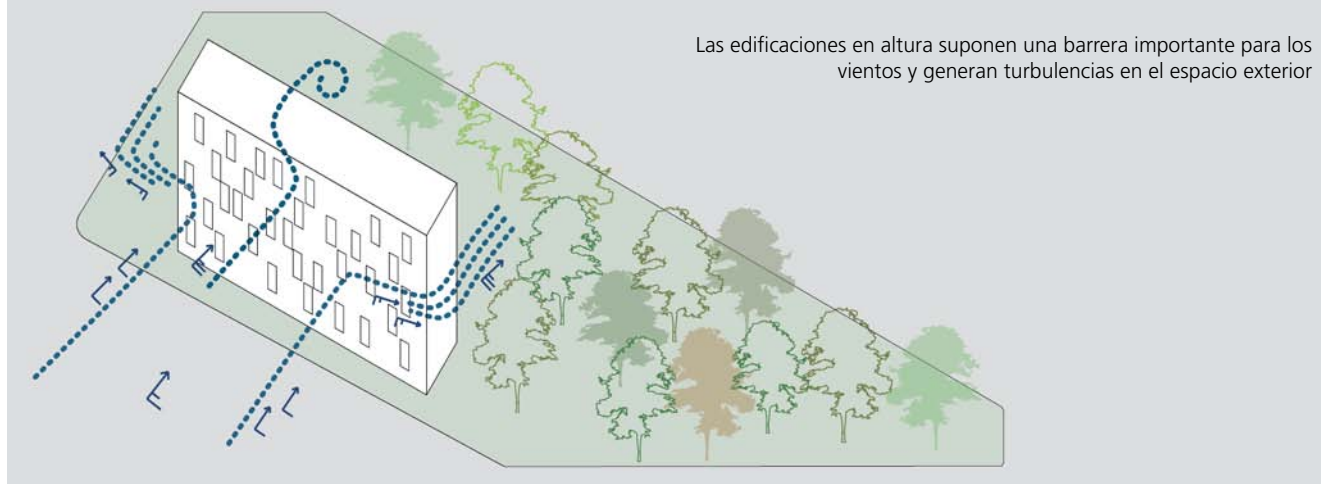
Los recorridos del sol deben formar parte de las estrategias para el diseño urbano, donde las relaciones entre el ancho de las calles, la altura de la edificación y la orientación de las fachadas, puede imposibilitar la entrada de la radiación solar invernal (ya que es la situación térmica, más desfavorable de todo el año, por la escasez de horas de sol).

Como recomendación general, la separación entre fachadas en orientación sur, para que entre el sol invernal debería ser 1,7 veces la altura de la edificación. Podemos corregir situaciones desfavorables con tres posibles estrategias correctoras en zonas urbanas de nueva planificación:

1. Disminuir la altura de la edificación.
2. Aumentar la anchura de las calles o los planos de fachada.
3. Variar la orientación de las calles. La fachada sur es la que va a recibir el máximo número de horas de sol, pero también hay que considerar la curva de obstrucciones solares, que tapa el recorrido mínimo del solsticio de invierno. Una variación de 15°, 30°, de la orientación de la fachada con respecto al sur hacia el este, puede derivar a situaciones también favorables.

Es recomendable garantizar el soleamiento en las horas centrales de día en el solsticio de invierno, (óptimo entre las 10.00 de la mañana y las 14.00 de la tarde).

Es preciso considerar la orientación de cada fachada a la hora del soleamiento; la fachada que más radiación recibe es la sur, la que menos la norte. La este recibe el sol de la mañana y la oeste el de la tarde. La oeste siempre deberá estar protegida por el efecto del sobrecalentamiento del aire. Además es aconsejable crear un microclima externo beneficioso, por ejemplo con arbolado caduco en la acera orientada al oeste o con la presencia de agua.



Las edificaciones en altura suponen una barrera importante para los vientos y generan turbulencias en el espacio exterior

Los condicionantes del viento en la ciudad de Madrid

El viento a nivel global, procede del movimiento de rotación de la tierra y de la diferencia de presión y temperaturas entre las diferentes zonas del planeta. Este régimen general no es determinante para la escala de la planificación urbana. Son los vientos locales los que necesitamos conocer, analizar y considerar para lograr el bienestar en los espacios exteriores urbanos y mejorar las condiciones del microclima local. La dificultad de determinar los vientos locales es múltiple. Por un lado, existen pocas estaciones meteorológicas que registren todos sus datos. Además la ciudad introduce numerosos elementos perturbadores de las corrientes que derivan en unas consecuencias a veces imprevisibles. Comentaremos algunos de estos factores.

Como norma general la presencia de manzanas, edificios, y elementos urbanos, frenan las corrientes de aire con respecto a las del entorno circundante, formándose una especie de bolsa de aire que frena otras corrientes del entorno. En la mayor parte de las ciudades, la frecuencia de las calmas aumenta en el centro urbano respecto a los alrededores.

Otro factor relevante es debido al aumento de la temperatura en la ciudad, la conocida como "isla térmica", expuestas anteriormente. La presencia de este aire caliente en el centro de la ciudad provoca corrientes ascendentes de aire, con lo cual se forma un centro de bajas presiones que aspira el aire a su alrededor en todas las

direcciones. Si el clima lo propicia, surge así un sistema de circulación de aire propio de la ciudad, aunque esto se puede ver profundamente modificado por la presencia de la contaminación urbana. Algunos científicos han estudiado experimentalmente, pero es casi imposible establecer conclusiones generales para otras situaciones urbanas, ya que las condiciones propias de cada ciudad y la composición de su masa edificada desvirtúan cualquier conclusión general.

Factores de corrección del viento en la ciudad

+ Sección y orientación de las calles según vientos dominantes (de invierno o de verano):

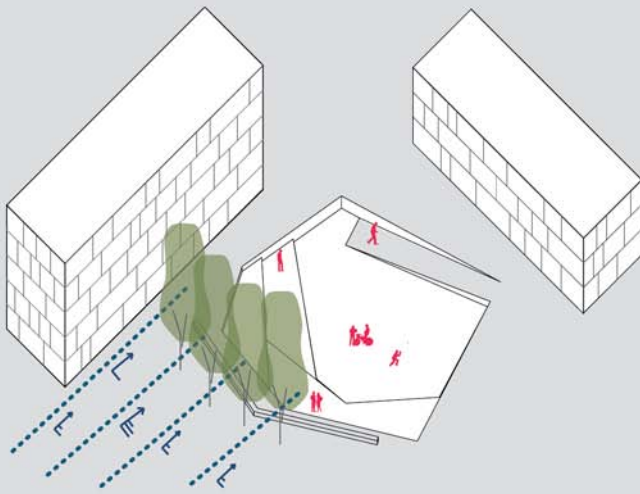
Las calles de la ciudad son como corredores que encauzan las corrientes de aire. Si las calles son estrechas y con gran altura de edificación se produce el efecto de túnel que al disminuir la sección aumenta su velocidad. Por el contrario, calles anchas y con poca altura de edificación, diluyen las corrientes de viento y los aminoran.

+ Los "obstáculos" urbanos y sus repercusiones:

Las edificaciones en altura suponen una barrera importante para los vientos, que además convierten los flujos superiores en diferentes corrientes (en las esquinas, en la base, etc.), que pueden multiplicar por tres la velocidad de viento inicial.

+ Distribución de los usos de los espacios libres:

Para la distribución de los espacios libres urbanos, es imprescindible considerar los factores de viento, ya que es-



Distribución de los usos de los espacios libres considerando los factores de viento

tos condicionan el bienestar y el uso posible de los mismos. Una buena medida consiste en colocar los espacios libres abiertos en las direcciones de calma de viento de los meses más fríos. También resulta adecuado establecer barreras protectoras (de vegetación, o con elementos edificados -muretes, desniveles, bancos, etc) para resolver las situaciones más desfavorables, no olvidando también permitir la ventilación en condiciones de verano.

+ Consideración de los espacios abiertos y plazas:

De forma que se encuentren ventiladas en el verano y resguardadas en las épocas más frías. Si no es posible compatibilizar ambas situaciones, es mejor establecer espacios con actividades diferenciadas por estaciones, en base a estas circunstancias.

+ Los acabados superficiales (texturas poco o muy rugosas):

El régimen laminar de las corrientes de aire se modifica por el acabado superficial (la textura), por la que discurre. En este sentido, las texturas lisas (asfaltos, empedrados, pavimentos continuos...) ofrecen menos resistencia que los rugosos (cantos rodados, tierra vegetal, ...)

+ Las barreras contra el viento:

Cualquier "obstáculo" situado en la dirección del viento dominante actúa como barrera. Lo importante es considerarlos a la hora de plantear la ordenación de los espacios urbanos. Una de las barreras más empleadas, son las barreras vegetales.

Buenas prácticas

Es necesario conocer los datos de viento y emplear factores de corrección para conseguir el bienestar de los espacios libres: resguardándose de los vientos predominantes en invierno y buscando la máxima ventilación en los meses de verano.

Comprobar las situaciones reales de entornos próximos, para establecer lugares de remolinos, canalizaciones o expansiones derivadas de la tipología edificatoria.

Diseñar obstáculos arquitectónicos y arbóreos de protección al viento frío dominante.

No situar nunca, las zonas industriales a barlovento con respecto a las zonas residenciales.



El agua como elemento estabilizador de la temperatura

La eficiencia de la evapotranspiración en verano en Madrid

La evaporación modifica las condiciones de humedad del aire y en el proceso se absorbe calor logrando un enfriamiento del ambiente. Hay que considerar el balance entre precipitación y evaporación, ya que en los meses calurosos la alta evaporación, y nula precipitación puede hacer necesaria una extraordinaria aportación de agua para refrescar el ambiente. El alto calor específico del agua, la convierte en un elemento estabilizador de la temperatura disminuyendo sus oscilaciones extremas en zonas próximas a superficies de agua (lagos, lagunas, etc).

Se define la evaporación como la vaporización de un líquido en la superficie que le separa de la fase gaseosa con la cual está en contacto. Por otra parte la transpiración es un proceso consistente en la eliminación por evaporación de una parte del agua absorbidas por las plantas. Estas dos definiciones introducen el concepto

de evapotranspiración, que combina los dos procesos descritos, refiriéndose a la pérdida de agua desde una superficie con cubierta vegetal³¹.

Con objeto de determinar la profundidad de las láminas de aguas para compensar las pérdidas de evapotranspiración en verano en los distintos barrios madrileños, se ha realizado un cálculo que se sintetiza en los planos adjuntos para los meses de julio y agosto, aportándose las pérdidas de agua mensuales por evapotranspiración tanto en cm. de altura de agua como en m³/ha³². (Ver *tabla 3.4 y planos pag. 64 y 65*)

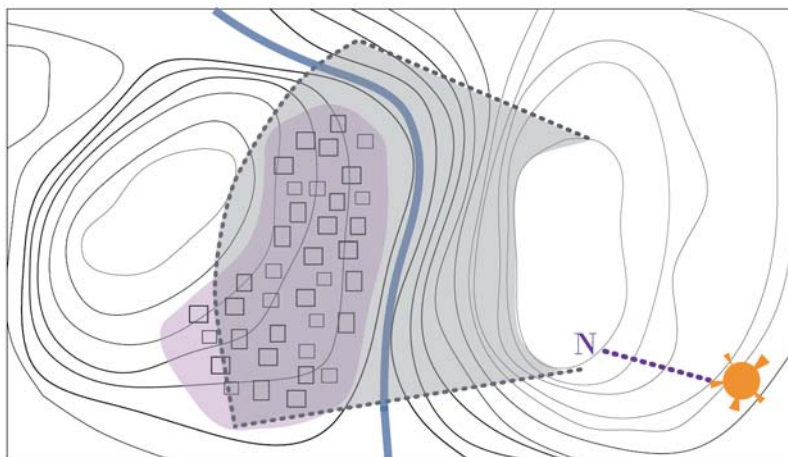
3.1.2 Otros factores del medio físico a considerar

Junto a los factores bioclimáticos analizados, relativos a radiación solar, viento y evapotranspiración que deben ser considerados para lograr una interacción positiva entre ambos sistemas (el natural del medio y el nuevo del medio urbano) se debe estudiar en detalle otra serie de factores bastante enumerados y analizados en guías

³¹ Elías Castillo, Francisco coord. Castellví Sentís, Francesc coord. "Agrometeorología". Madrid. Mundi – Prensa Libros. 2001

³² Se ha estimado la evapotranspiración de Madrid, mediante la aplicación del método de Thornthwaite, por sólo disponer de los datos correspondientes a la temperatura media mensual para la totalidad de las estaciones meteorológicas consideradas. Los datos térmicos de partida proceden de dos fuentes: los observatorios meteorológicos dependientes del Instituto Nacional de Meteorología (INM) pertenecientes a la Red Nacional de Meteorología y las estaciones de la Red de Vigilancia y Control de la Contaminación Atmosférica, tanto las dependientes del Ayuntamiento de Madrid como las de la Comunidad de Madrid.

La estimación de la evapotranspiración para todo el municipio de Madrid a partir de los puntos de toma de datos de partida (observatorios localizados tanto en el municipio de Madrid como en los municipios próximos) se ha realizado mediante la aplicación del método de interpolación espacial conocido como inverso de la distancia; utilizándose el módulo Geostatistical Analyst del ARCGIS. Como resultado se ha obtenido una capa ráster con una resolución espacial de 65 m² para posteriormente vectorializarse y de esta forma facilitar los datos obtenidos para cada barrio del municipio de Madrid.



Obstrucciones: la existencia de accidentes topográficos próximos y en orientaciones determinadas pueden suponer obstáculos para la radiación y ventilación

Tabla 3.4

	Clase	cm.	m ³ /ha
julio	A	16	1600
	B	16-18	1600-1800
	C	18-21	1800-2100
agosto	D	13-15	1300-1500
	E	15-	1500-1650
	F	16,5-16,5	1650-1800

sobre estudios del medio físico³³, siendo conveniente su análisis aunque no derive expresamente de la necesidad de elaborar de Estudios de Incidencia o de Impacto Ambiental en procesos de planteamiento. Someramente se enumeran los principales condicionantes a analizar:

+ La geomorfología:

Condicionará las consecuencias derivadas del soporte así como las modificaciones locales generadas por el soporte territorial, la naturaleza de las rocas y características de los suelos, las pendientes y exposición a la radiación solar, que influirá en la disposición de la red viaria y de los espacios libres determinantes de la ordenación urbana, así como la distribución general de la localización de los usos. En particular:

La pendiente: Influye en la cantidad de radiación directa que se puede recibir y en la accesibilidad. La orientación de la pendiente es importante para los vientos y el régimen de pluviometría. A media ladera orientada el sur, hay mayor radiación solar que en zonas llanas.

La posición relativa: Protegida (en fondo de valle) o expuesta (en cimas o crestas). A más exposición mayores son las oscilaciones térmicas, temperaturas más frías, y mayores posibilidades de corrientes de viento e iluminación directa.

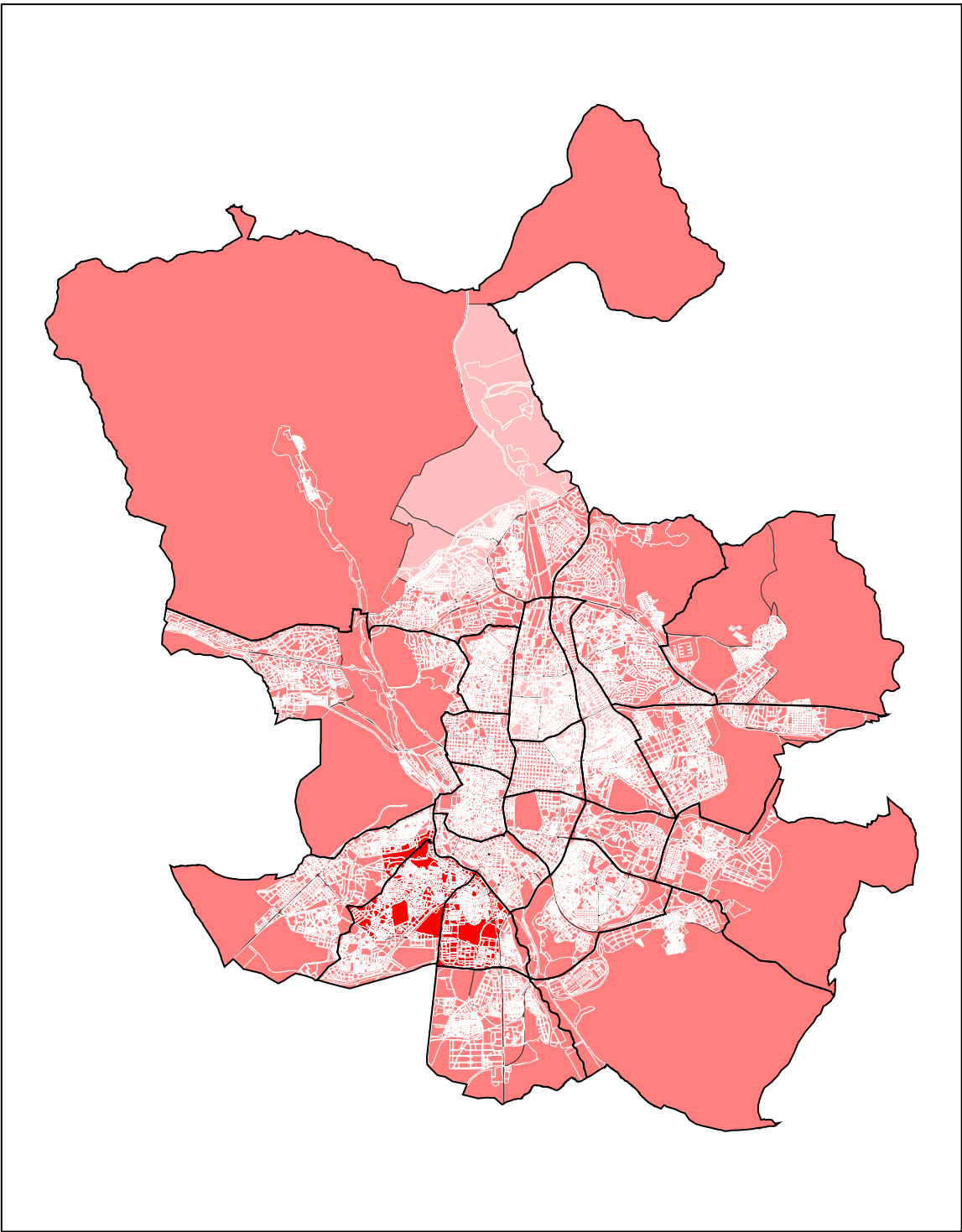
Las obstrucciones: La existencia de accidentes topográficos próximos y en orientaciones determinadas pueden suponer obstáculos para la radiación y ventilación.

Tipo de soporte: Afecta a la reflexión de los rayos solares (albedo) y por tanto a la radiación directa sobre la edificación y además a la variación de la inercia térmica del mismo y con ello a la respuesta interior a las oscilaciones térmicas y relación entre la temperatura exterior y la interior. También su permeabilidad, varía los coeficientes de escorrentía superficiales y la capacidad de retener agua en el subsuelo.

+ Paisaje existente:

Se deberán analizar unidades y cuencas visuales valorando su calidad y fragilidad con objeto de situar usos y actividades minimizando el impacto visual en zonas

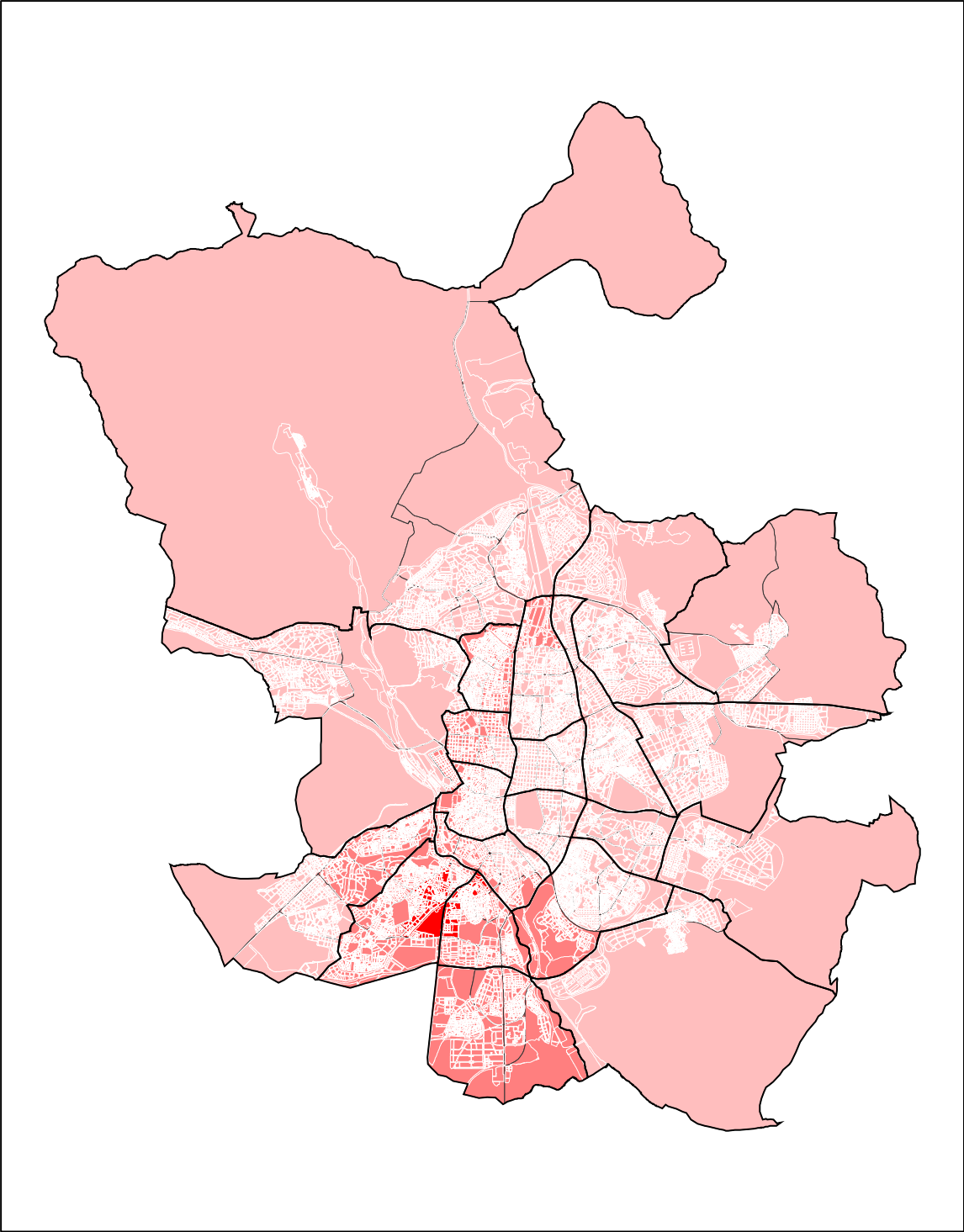
³³ MOPT "Guía para la elaboración de estudios del medio físico" 1992. J. Fariña "La ciudad y el medio natural", 1998.



BUENAS PRÁCTICAS PARA MADRID

DISEÑO DE LÁMINAS DE AGUA
ANÁLISIS POR BARRIO

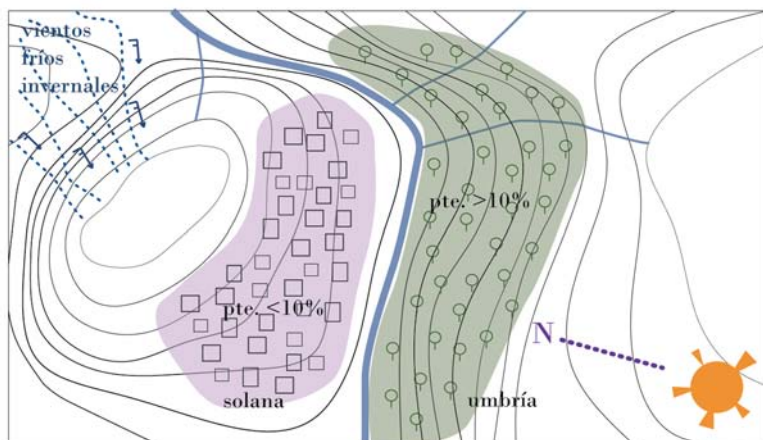
ETP - JULIO		
CLASES	cm.	m³/ha
A	16	1600
B	16-18	1600-1800
C	18-21	1800-2100



BUENAS PRÁCTICAS PARA MADRID

DISEÑO DE LÁMINAS DE AGUA
ANÁLISIS POR BARRIO

ETP - AGOSTO		
CLASES	cm.	m³/ha
D	13-15	1300-1500
E	15-16,5	1500-1650
F	16,5-18	1650-1800



Suelos oportunos para ser edificados y suelos oportunos para espacios verdes o protegidos

prioritarias para su conservación y de forma que contribuya a dotar de identidad a las nuevas ordenaciones residenciales (ampliado en capítulo 3.3).

+ *El agua superficial:*

La presencia de cursos de agua tendrá una especial importancia para la localización de las nuevas zonas verdes urbanas, contribuyendo así a mantener los ciclos hidrológicos naturales del terreno.

+ *La vegetación:*

El estudio de la vegetación existente en un ámbito a ordenar constituye un aspecto esencial para su integración en la ordenación e identificar especies recomendables para el ajardinamiento de las nuevas zonas verdes (ampliado en capítulo 3.5).

+ *Recursos culturales:*

En general también serán elementos a considerar en la ordenación contribuyendo a la creación de identidad propia (recursos arqueológicos, edificios y jardines históricos, vías pecuarias).

Tras los estudios de idoneidad del soporte, podemos diferenciar dos grandes tipos de suelos: por un lado aquellos destinados a urbanizarse para el crecimiento urbano y las infraestructuras que conllevan, y por otro lado aquellos suelos libres de usos constructivos (zonas verdes, espacios libres o suelos vacíos). Por tanto, diferenciaremos entre:

1. Suelos oportunos para ser edificados o para infraestructuras:

Cuyas condiciones físico ambientales deberán ser: suelos con pendientes inferiores al 10%, fuera de las zonas de servidumbres de los cursos de agua superficial, en zonas de buena capacidad portante, liberando las zonas de vaguadas, lejos de zonas con elementos vegetales de porte o interés significativo, en laderas orientadas al sur o sur-este; y alejadas de vientos fríos dominantes invernales.

2. Suelos oportunos para espacios verdes o suelos protegidos:

Cuyas condiciones físico ambientales son precisamente las opuestas a los anteriores: suelos quebrados o con pendientes superiores al 10%, cerca de los cursos de agua principales, sin necesidad de tener capacidad portante, con vegetación existente relevante o que puede ser potencialmente regenerados, etc.

De esta forma, se aprecia como ambos sistemas son excluyentes en casi todos los factores relevantes, siendo compatibles en otras características de menor importancia a determinar por el equipo redactor de cada ordenación residencial.

Tabla 3.5 Determinación

Determinaciones de las variables del soporte para la idoneidad de los usos urbanos		Variables del medio natural: soporte				
Variables medio urbano: suelos idóneos para la ordenación residencial	red viaria	sol	vegetación	viento	agua	geomorfología
		Orientación Forma	Localización	Orientación Forma	Microclima externo	Cond. Soporte. Pendiente < 10% Aptitudes suelo Adap.topografía
	espacios libres	Orientación Forma	Especies, Densidad, Localización	Orientación Forma	Microclima externo	Condiciones del soporte. Aptitudes del suelo
	condiciones de las manzanas	Orientación Geometría Densidad	--	Orientación Geometría Densidad	--	--
	condiciones de las parcelas	Geometría, Alturas, Ocupación y edificabilidad	--	Geometría, Alturas, y Edificabilidad	--	--
	condiciones de la edificación	Control solar Acondiciona- miento pasivo	--	Ventilación interna, Disposición de huecos	Microclima interno	--
Suelos idóneos para zonas verdes		--	Con valores intrínsecos Potencialmen- te valiosos	--	Cursos de agua superficial; rios, arroyos, vaguadas, lagos, etc	Relieves quebrados. Pendientes >10%. Afloraciones rocosas.

Elaboración propia

Buenas prácticas

La presencia de cursos de agua, zonas húmedas, el paisaje, la vegetación existente y la geomorfología del territorio son elementos del soporte fundamentales para adecuar la ordenación al medio y a su soporte . Se propone la siguiente matriz de interacción ambiental positiva entre el medio natural y el urbano a la hora de la toma de decisiones de la ordenación urbana.

3.2 Criterios relativos a la densidad y a las tipologías edificatorias

La densidad es factor clave de sostenibilidad, y tiene consecuencias directas sobre: ³⁴

+ **La ocupación de suelo.** A más suelo ocupado por la misma población, menor eficiencia en el empleo del suelo urbanizado como recurso, más gasto en el trazado, la ejecución y el mantenimiento de las redes e infraestructuras.

+ **La congestión urbana.** La población dispersa, genera un uso masivo del automóvil para sus actividades cotidianas, y colapsa las entradas a centros de trabajo, comercio, ocio, educativos, etc. coincidiendo en puntas horarias para las cuales nunca hay viario suficiente para su movilidad.

+ **El uso de transporte público eficaz.** La población dispersa hace inviable una gestión eficaz de la red de transporte público, por lo que se incentiva el uso del vehículo privado, provocando una mayor dispersión de actividades.

+ **La complejidad.** Las zonas dispersas monofuncionales y con una única tipología edificatoria, se convierten en vulnerables, homogéneas y poco diversas. Precisamente

los atributos de sostenibilidad son la complejidad, y la diversidad, como factor de éxito frente a cualquier eventualidad externa o interna que pudiera poner en riesgo el sistema urbano.

+ **La variedad dotacional.** La población dispersa imposibilita la existencia de dotaciones próximas a sus residentes, ya que no existe masa poblacional suficiente para un adecuado funcionamiento.

El debate de la forma urbana de la ciudad sostenible y su ocupación en el territorio, es decir su **densidad**, enfrenta dos modelos, el modelo de la ciudad compacta y el de la ciudad difusa³⁵. Ninguno de los dos modelos reúne solo ventajas, sino que existen elementos más y menos eficientes, estrechamente relacionados con la densidad y modelo de ordenación de cada una de ellas. Los dos modelos en sus extremos son completamente ineficientes. Así podemos encontrar argumentos en contra de la ciudad compacta³⁶ que aluden a la desventaja de las congestiones relacionadas con la densidad; que las telecomunicaciones permiten hoy una alejamiento de las zonas centrales para realizar numerosas funciones que se deben aprovechar; que el concepto de ciudad-verde está en contradicción con el de ciudad compacta, ya que en esta las zonas verdes son escasas y en muchos casos residuales o casi imposible de mejorar o incrementar; que se producen inevitablemente segregaciones de

³⁴ R. López de Lucio "Cuidado y Urbanismo a finales del siglo XX" Universidad de Valencia 1993.

³⁵ Extraído del libro "La ciudad contemporánea: análisis de su estructura y desarrollo", Abel Enguita y Ester Higuera, CEIM (2008).

³⁶ Breheny (1992), Knights (1996), Van der Valk and Faludi (1992), Green (1996).



Ciudad dispersa vs. ciudad compacta

población debido a la carestía del suelo urbano; que el aprovechamiento de energías pasivas es más factible en viviendas aisladas o adosadas; y además que se producen inevitablemente concentraciones de poder y riqueza aumentándose la desigualdad social entre los ciudadanos.

Sin embargo, la experiencia de las regiones europeas con procesos de descentralización, han puesto de manifiesto el aumento de los viajes pendulares, de los consumos y las emisiones contaminantes, además de importantes problemas de congestión.

Varios estudios experimentales demuestran, las ventajas del modelo centralizado frente al disperso. Por ejemplo, Peter Calthrope³⁷ ha demostrado empíricamente la evidencia de que al aumentar la densidad se reducen los desplazamientos. O dicho de otra forma, a menor densidad urbana más consumo per capita de energía. El profesor Peter Naes, por otra parte, ha realizado estudios experimentales sobre la región metropolitana de Oslo, (1996). Concluye que la forma de la ciudad puede estar directamente relacionada con el consumo energético, y de ahí que resulten unas formas urbanas más sostenibles que otras comparativamente³⁸.

1. Una alta densidad de la ciudad, entendiéndola en su totalidad, significa menores consumos energéticos. Tam-

bién en la escala local es oportuno esta alta densidad para reducirlos.

2. Una alta densidad de las áreas que componen la ciudad en sus diferentes zonas homogéneas, esto es la ciudad como suma de partes densas es más favorable frente a otras opciones formales.

3. Una distribución centralizada de viviendas dentro de la zona urbana principal (o centro de comercio y actividades).

4. Una distribución centralizada de los puestos de trabajo dentro de las partes consolidadas o centrales de la ciudad.

5. Unas concentraciones descentralizadas en la escala regional, configurando una red de ciudades interconectadas eficazmente por ferrocarril o transportes no contaminantes.

6. Una elevada población de la ciudad frente al disperso suburbano.

En los estudios citados, se estima que un trabajador que viva cerca de su puesto de trabajo emite 630 kilos menos de CO₂ anualmente, comparado con otro que viva a las afueras. La diferencia también se traduce en

³⁷ "Sustainable Communities", Sim Van der Ryn and Peter Calthrope. 1986. Sierra Club,...Bulletin of Science Technology Society.1988; 8: 348-349

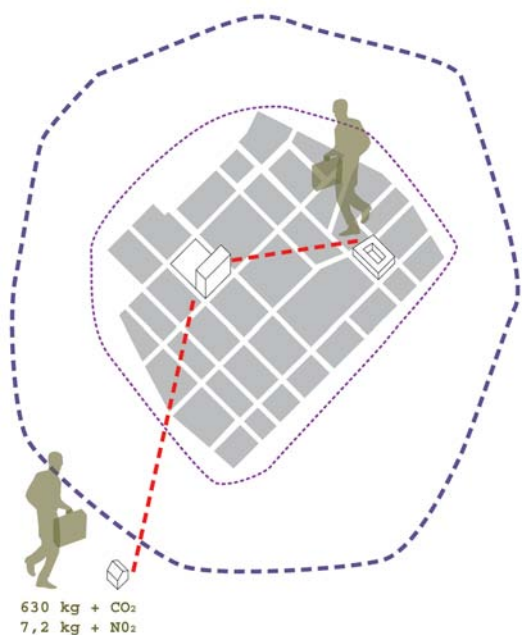
³⁸ Naes P. "Forma urbana y consumo energético". 1996.



PAU Las Tablas

7,2 kilos menos anuales de NO_2 . Además de reducir stress, congestión, ruido, etc. Por tanto, parece que la concentración urbana tiene ventajas sobre el consumo energético de la ciudad.

Las principales referencias de la UE en materia de medio ambiente urbano y de fomento de ciudades sostenibles tampoco dudan en plantear el mejor comportamiento



Diferencia anual de contaminantes en función de la distancia al trabajo



PAU Monte Carmelo

de las ciudades compactas, lo importante ahora es tratar de cuantificar y establecer referencias de densidades, que no desvirtúen estas ventajas.

3.2.1 La paradoja de la realidad construida madrileña: espacios compactos con densidades dispersas

Los nuevos crecimientos residenciales de Madrid, apuestan por el modelo de “ciudad compacta”, ya que se formalizan por grandes manzanas residenciales de cinco o seis alturas, en una retícula de calles ortogonales. Pero la realidad evidencia, que no se ha generado un tejido compacto sino uno disperso con densidades entorno a 30 viv/Ha que implican todas las disfuncionalidades del modelo disperso.

Los aprovechamientos brutos previstos en estos nuevos desarrollos residenciales madrileños oscilan en torno a $0,40 \text{ m}^2/\text{m}^2$. Este aprovechamiento es bajo, ya que *Densidades de $0,50\text{-}0,55 \text{ m}^2/\text{m}^2$ se consideran como las mínimas para conseguir con la ordenación y edificación resultante, la tensión urbana imprescindible para obtener barrios con vida social*³⁹, concretamente encontramos:

1º. Desarrollo residencial de MONTECARMELO:

Densidad 33,40 viv/Ha.

2º. Desarrollo residencial de LAS TABLAS:

Densidad 33,80 viv/Ha.

3º. Desarrollo residencial de SANCHINARRO:

Densidad 33,10 viv/Ha.

³⁹ URBANISMO COAM nº 24, 2000.



Sanchinarro. Octubre 2006

4°. Desarrollo residencial de CARABANCHEL:

Densidad 31,80 viv/Ha.

5. Desarrollo residencial del ENSANCHE DE VALLECAS.

Densidad 35,39 viv/Ha.

6°. Desarrollo residencial de ARROYO FRESNO:

Densidad 18,53 viv/Ha.

Las densidades de los nuevos ensanches madrileños son medias-bajas, oscilan en una media de 30 viv/Ha de densidad bruta, cuentan con un 20% a un 30% del suelo destinado a zonas verdes y con una reserva para viario por encima del 35%, todas condiciones que hacen que el espacio urbano de la calle aparezca disuelto, y no se tenga ninguna de las ventajas del crecimiento de la ciudad compacta. En los desarrollos de las poblaciones más próximas a Madrid se repite esta sintomatología⁴⁰:

1°. Desarrollo residencial de GETAFE SUR:

Densidad 21,70 viv/Ha.

2°. Desarrollo residencial de GETAFE NORTE:

Densidad 39,0 viv/Ha.

3°. Desarrollo residencial de LEGANES NORTE:

Densidad 48,6 viv/Ha.

4°. Desarrollo residencial del CIUDAD JARDÍN LORANCA en Fuenlabrada:

Densidad 37,40 viv/Ha.

3.2.2 La densidad sostenible

Para reconducir esta tendencia se precisan importantes cambios que deben considerar desde las perspectivas financiera, social, pública y de la planificación urbana y territorial integradamente. Es necesario por un lado, no hipotecar la movilidad de los ciudadanos para sus diversas actividades, proporcionar suficientes espacios verdes y considerar el desarrollo estratégico regional; pero por otro lado es necesario reducir los recorridos en vehículos privados para gastar y contaminar menos, y esto solo se puede conseguir con una adecuada redistribución de los **usos del territorio y de la forma global de la ciudad y de sus diferentes partes**.

La densidad apropiada, debe estar equilibrada entre los modelos excesivamente dispersos de 20 viv/Ha, hasta los excesivamente densos (de más de 100 viv/Ha). Numerosos autores (Lynch, Naes, Rueda, UE) establecen en 60-70 viv/Ha, (unos 200-250 habitantes por Ha), como el umbral óptimo para reunir las ventajas enumeradas de la ciudad compacta, y no caer en el peligro de la congestión. Además establecer la densidad es requisito necesario pero no suficiente, ya que habría que relacionarla con la variación de tipologías edificatorias, y un óptimo equilibrio con zonas verdes, viario y dotaciones que aumenten las ventajas del modelo compacto. Además será preciso considerar los requerimientos del urbanismo bioclimático para avanzar hacia una nueva forma de organi-

⁴⁰ López de Lucio, Ramón, "Morfología y características de las nuevas periferias. Nueve Paisajes residenciales en la región urbana de Madrid", *URBAN* nº 9, año 2003.

zación de los desarrollos residenciales del siglo XXI, con eficiencia en todas las escalas.

El adecuado modelo de la ciudad del futuro, (a las escalas territorial y urbana), debe ser específica para cada soporte, de acuerdo con sus características propias (ambientales, sociales, climáticas, económicas, etc) tratando siempre de garantizar la reducción de los impactos medio ambientales sobre el suelo, el aire o el agua. Autores como H.Frey (1999)⁴¹ o P.Naess (1996), proponen como ideal una mezcla entre formas compactas y difusas según sea la escala de ordenación. Es decir, disponer estructuras formales compactas en la escala urbana local, organizadas mediante estructuras de formas difusas (en estrella, radiales, mallas o retículas) en la escala regional o metropolitana, unidas por eficaces medios de transporte no contaminante. Esta solución permite una buena movilidad equilibrada con amplios espacios abiertos intersticiales entre las diferentes ciudades compactas, y a su vez un adecuado control sobre el uso del suelo, los espacios vacantes y la eficiencia del transporte.

Problemas al establecer la densidad sostenible de referencia

Es preciso considerar la enorme diferencia que existe actualmente entre las densidades bruta y neta de los desarrollos residenciales.

Debido al número creciente de vías, rotondas, infraestructuras y también a las zonas verdes, medianas, bordes ajardinados, etc, las diferencias entre densidad bruta (viviendas sobre el total del suelo) y densidad neta (número de viviendas solo sobre el suelo residencial, descontando

viario, zonas verdes y suelos dotacionales) es digna de tenerse en cuenta. Por tanto, las 60-70 viv/Ha deben ser consideradas como densidad neta, o al menos descontados los sistemas generales (que no los locales) de una ordenación residencial⁴².

3.3 Criterios de variedad, identidad y complejidad

3.3.1 Variedad de tipologías edificatorias

La diversidad de tipologías edificatorias, es un atributo de sostenibilidad ya que implica:

- + variedad de formas arquitectónicas que ayuda a estructurar el espacio, dotarlo de referencias y de singularidades internas.
- + variedad de viviendas, combinando viviendas en manzana cerrada, en bloque abierto, unifamiliares etc.
- + variedad de personas, según su renta y posibilidades de adquisición de unos tipos u otros de viviendas.
- + mejor adecuación a las condiciones del lugar, del relieve, y de valores que se quieren perpetuar. (para relieves más accidentados, viviendas unifamiliares; para proporcionar soleamiento y ventilación a muchas viviendas, torres orientadas al sur, etc).

Es necesario recordar, como ninguna tipología edificatoria es por sí misma mejor que las otras. Cada una presenta unas ventajas y desventajas particulares.

Tipología de vivienda en casco histórico:

Ventajas: tejido compacto, diverso, y articulado con equipamientos. Prioridad peatonal y alta eficacia del transporte público.

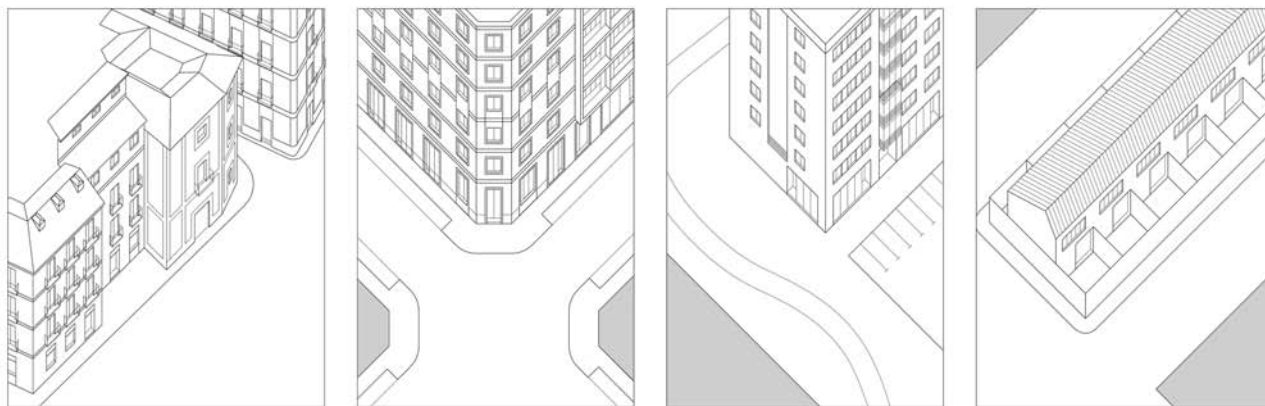
Inconvenientes: la congestión y la falta de zonas verdes. Mucha contaminación. Además en numerosas ocasiones son reducidas las condiciones de soleamiento y ventilación deseables. Presencia de la isla térmica que es favorable en el invierno y desfavorable en verano. Sobrecalentamiento del suelo. Nula retención de la humedad. Dificultades para el crecimiento de especies vegetales por la contaminación atmosférica.

Buenas prácticas

Se debe establecer una densidad neta moderada entre 60-70 viviendas /Ha, siempre como resultado de la combinación de diferentes tipologías edificatorias.

⁴¹ H.Frey, "Designing the city. Towards a more sustainable urban form". London, Epsom & FN Spon, 1999.

⁴² López Candeira, "Diseño Urbano", Madrid, Munilla Leira, 1999.



Tipologías edificatorias: casco histórico, ensanche, bloque abierto, unifamiliar

Tipología de **ensanche**:

Ventajas: calles con una mejor proporción para garantizar el soleamiento y el viento siempre que estén bien orientadas. Presencia de arbolado de alineación que mejora el microclima urbano. Plazas y espacios abiertos articulados con el tejido residencial.

Inconvenientes: presión de tercerización frente al uso residencial. Congestión en determinadas calles, por la alta densidad. Si la retícula no está bien orientada es el principal inconveniente. Poca retención de la humedad. Dificultades para el crecimiento de especies vegetales por la alta contaminación atmosférica. Creación de canales de viento.

Tipología de bloque **abierto**:

Ventajas: Si está bien diseñada posibilidad de auto-orientar los bloques y las viviendas a las mejores orientaciones. Gran cantidad de zonas verdes próximas a las viviendas. Alta eficacia de redes e infraestructuras, y de consumo eficiente del suelo por vivienda.

Inconvenientes: la monotonía, la uniformidad, la falta de cuidado de las zonas verdes o el mal diseño de los bloques que no consideran el recorrido del sol para generar fachadas diferenciadas. Las torres generan corrientes de viento, que puede añadir discomfort en determinadas épocas del año. Zonas de sol y sombra muy diferenciadas, a las que se les debe asignar usos adecuados.

Tipología de **vivienda unifamiliar**:

Ventajas: la auto-orientación con respecto al sol o al viento, que admite cualquier diseño. La presencia de numerosas zonas verdes que mejoran el microclima. La menor presencia de isla térmica.

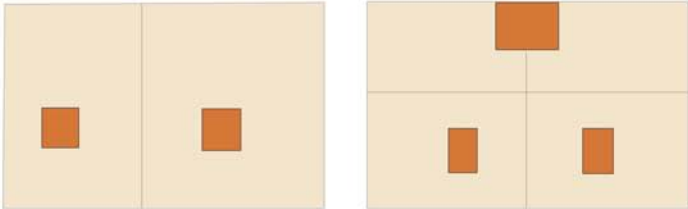
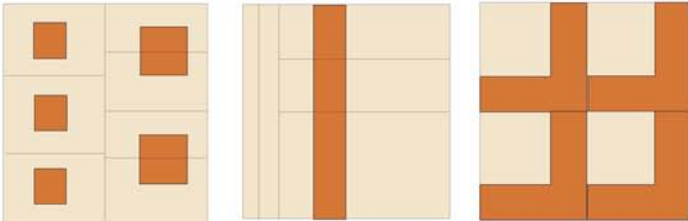
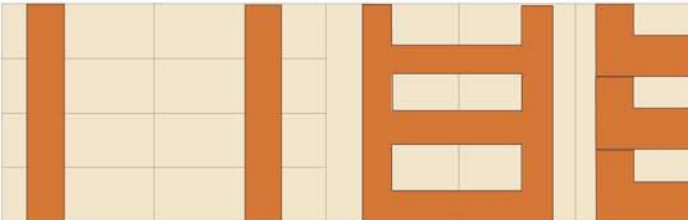
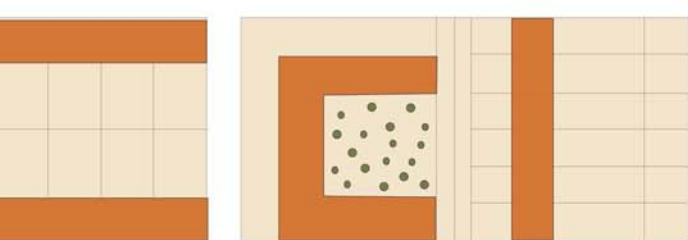
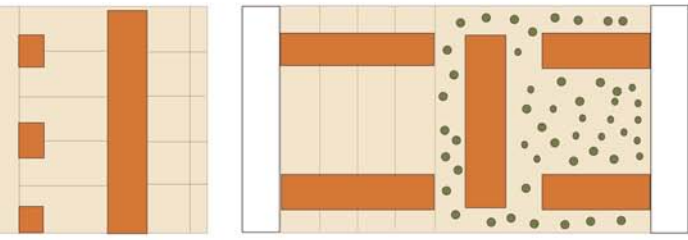
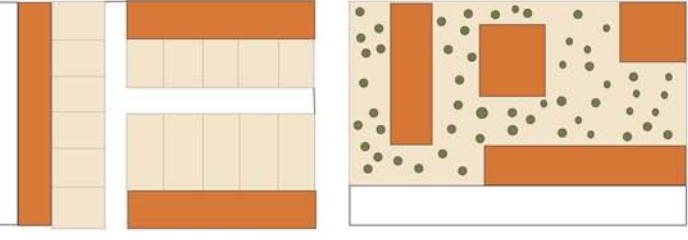
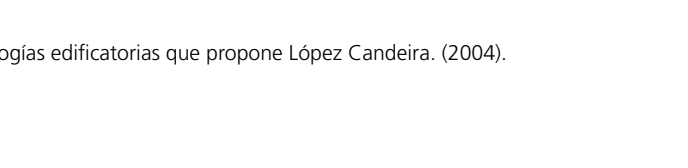
Inconvenientes: el despilfarro del suelo urbanizado, recurso que es preciso controlar. El alto coste de trazado y mantenimiento de redes y servicios. La monotonía y la falta de espacios públicos de interrelación personal. La imposibilidad de transporte público eficaz que genera congestión en los lugares de destino y deja a muchos ciudadanos con su movilidad reducida (ancianos, niños, adolescentes o gente sin coche).

Elaboración propia de los esquemas de densidades con diferentes tipologías edificatorias que propone López Candeira. (López Candeira, 2004).

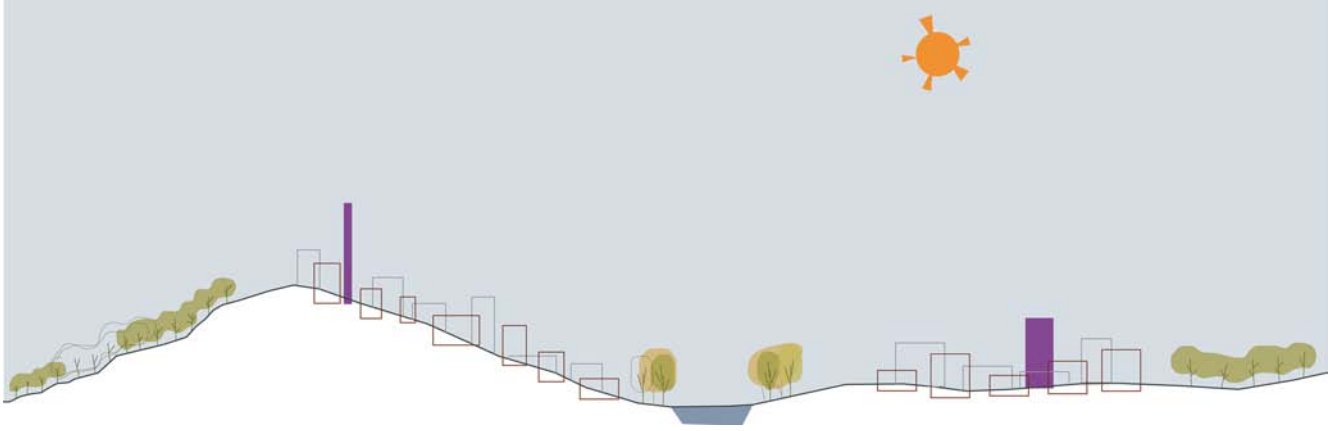
Buenas prácticas

La diversidad de tipologías edificatorias, es un atributo de sostenibilidad que implica:

- + variedad de formas arquitectónicas
- + variedad de viviendas
- + variedad de personas
- + mejor adecuación a las condiciones del lugar, del relieve, y de valores que se quieren perpetuar

Densidad Neta Viv/Ha	Densidad Media	Tipología de Vivienda	
2,5-10	5	Unifamiliar aislada con grandes parcelas.	
12-20	15	Unifamiliar o pareada con amplios jardines.	
22-28	25	Aisladas o pareada con parcelas pequeñas o grandes viviendas en hilera. Casas patio o en hilera con parcelas pequeñas.	
32-40	35	Viviendas en hilera con jardín o casas patio. Hasta esta densidad, todas las viviendas pueden tener garaje anejo a ellas en superficie.	
42-50	45	Viviendas en hilera o a veces, estén mezcladas con algunos bloques de pisos de 2 ó 3 plantas. (50 Viv/Ha. es el máximo para conseguir ahorro de suelo).	
50-75	72	Viviendas en hilera de 3 plantas o combinaciones de pisos sobre duplex. Algunas plazas de garaje tendrán que situarse bajo las viviendas.	
75-100	82	Bloque de vivienda colectiva por escalera o corredor, pisos o duplex. 100/Viv/Ha es la que se considera densidad máxima para conseguir el tipo de desarrollo conseguido como "alta densidad, baja altura". Para conseguir estas densidades con tipologías convencionales suele ser necesario recurrir al empleo de torres combinadas con bloques pero hasta el entorno de las 100 Viv/Ha. éstas no predominan como tipología edificatoria.	

Elaboración propia de los esquemas de densidades con diferentes tipologías edificatorias que propone López Candeira. (2004).



La identidad de los espacios urbanos requiere del estudio y análisis del relieve, de los cursos de agua, de los elementos destacados, de las cuencas visuales y de la ordenación de los volúmenes

3.2.2 La identidad de los espacios urbanos

La identidad de las ordenaciones residenciales pasa necesariamente por mantener un diálogo con su paisaje circundante, de forma que ya sea mediante la integración o por contraste se establezca una sinergia apropiada entre ambos. Las condiciones intrínsecas del entorno van a ser determinantes y se deberán relacionar adecuadamente con los nuevos elementos del paisaje urbano, (nodos, sendas, hitos y barrios) ⁴³. Para ello será necesario analizar y estudiar la relación entre:

- + Las formas del relieve originario, su carácter paisajístico y su integración con la ordenación residencial.
- + Los principales cursos de agua superficial y su vinculación con los parques urbanos.
- + Los elementos destacados del paisaje originario (árboles, agua superficial, colores, rocas, etc).
- + Establecer una estrategia sobre las visiones cercana y lejana de la ordenación y considerar puntos clave elevados para este cometido, mediante el estudio de las cuencas visuales.
- + Los criterios de ordenación de todos los volúmenes propuestos, su color, forma, y textura para que estructuren los nodos, sendas barrios e hitos del conjunto edificado.

Una imagen urbana apropiada requiere un estudio del medio perceptivo. El medio perceptivo es suma de la calidad de contenido ambiental del territorio, de la calidad de comunicación visual del mismo, de su calidad estética y de su fragilidad. (I. Español 2000).

La calidad de contenido:

Se refiere al valor intrínseco de la escena conforme a criterios científicos. Entendida la escena como objeto observado y objetivable, la valoración se presenta en función de dos perspectivas, su contenido natural y su contenido antrópico que añaden valores históricos, artísticos y culturales sobre el entorno.

La calidad de comunicación:

Entendida en términos de imagen como calidad visual, reduce la observación al sentido de la vista. Su calidad es objetivable mediante el análisis físico. La calidad visual emana del análisis geométrico de las relaciones que entre distintos espacios establece la propia visibilidad. Es referencia obligada los estudios de visibilidad, la definición de las cuencas visuales del territorio, las cuencas de intervisibilidad, y la intrusión visual de unas zonas con respecto a otras.

La calidad estética:

Tiene en cuenta la percepción que tiene el observador de la escena, lo que conlleva el estudio de sus preferencias por el paisaje. Estos estudios pueden centrarse en

⁴³ Kevin Lynch. "La imagen de la ciudad" 1960. GG.

la subjetividad del colectivo mediante tratamientos estadísticos que buscan la opinión común predominante. La calidad estética, es la de las características visuales básicas del paisaje y de su identidad, que son aquellas que lo caracterizan visualmente, y que Smardon (1979) las definió como: color, forma, línea, textura, escala y configuración espacial.

La fragilidad:

Indica el potencial de un paisaje para absorber o ser visualmente perturbado por la actividad humana y depende de factores objetivables como visibilidad, pendiente y morfología del terreno, accesibilidad al paisaje, además de otros atributos intrínsecos ligados a características ambientales como diversidad de estratos y contrastes o presencia de valores singulares de interés histórico.

Los elementos de identidad de un paisaje, son los elementos destacados o emergentes que dan carácter a cada unidad de paisaje. Son variables en base a cada territorio y es **la escala** un factor determinante para seleccionarlos y jerarquizarlos. Por tanto, es difícil a priori establecer una relación genérica de ellos. Para la valoración de la unidades de paisaje; las cualidades que suelen considerarse son:

+ Compatibilidad y armonía de formas, líneas, colores o texturas.

+ Escala de contraste y variedad entre los elementos paisajísticos.

+ Elementos dominantes.

+ Elementos singulares.

+ Visibilidad y existencia de vistas escénicas.

Para estructurar adecuadamente la identidad se propone complejidad o simplicidad, variedad o monotonía, unidad con coherencia, armonía o incoherencia, organización o desorganización, singularidad o rareza, fuerza o intimidad y estacionalidad o permanencia. (*Ver buenas prácticas en la identidad de los espacios urbanos*)

3.3.3 La complejidad como atributo de sostenibilidad

La complejidad es un sinónimo de variedad interrelacionada de elementos heterogéneos pero inseparablemente asociados, en ella se presenta la paradoja de lo uno y lo múltiple⁴⁴.

A primera vista, la complejidad es un fenómeno cuantitativo⁴⁵, una cantidad extrema de interacciones e interferencias entre un número muy grande de unidades. Pero la complejidad no abarca solo cantidades de unidades e interacciones, abarca también incertidumbres, indeterminaciones, fenómenos aleatorios. En cierto sentido, la complejidad siempre está relacionada con el azar, combinándose una cierta mezcla de orden y desorden.

⁴⁴ Arturo Soria o Ildefonso Cerdá aportan esta visión compleja a la teoría urbanística universal en sus formulaciones teóricas y en sus proyectos contruidos en Madrid y Barcelona.

⁴⁵ Propuesta de la Agencia de Ecología Urbana de Barcelona, 2006, Dirección Salvador Rueda Rueda, S. Ecología Urbana, Ed. Beta. 1995.

Buenas prácticas

Realizar un estudio del medio perceptivo y plantear en la nueva ordenación una estrategia de armonía o contraste con el paisaje circundante. En todo caso se particularizan una serie de buenas prácticas a incorporar (Directrices Plan de Calidad del Paisaje Urbano de Madrid):

- + Establecer un tratamiento diferenciado que dote de identidad y estructura al plano horizontal de la ordenación y resuelva los problemas de conexión y relación espacial de las diferentes unidades espaciales de cada zona construida o existente y de estas con el entorno natural.
- + Incluir estructuras capaces de hilvanar entre sí grandes piezas de desarrollos colindantes o asilados por grandes corredores de comunicación visual o espacial.
- + Tratar con especial atención la configuración morfovolumétrica de los bordes, con criterios de uso y orientación de las edificaciones que minimicen la aparición posterior de elementos correctores de ruido y configuren remates bellos de la ordenación.
- + Tratamiento paisajístico del plano vertical, con resolución de las medianeras, vistas, las visiones seriadas de los edificios, la enfatización de los portales y diseño de elementos de identidad por zonas, barrios o sectores que estructure los espacios residenciales.
- + Diferenciar las zonas abiertas entre las edificaciones y dotarlas de carácter propio e identidad con respecto a las de sus vecinos.
- + Colocación de hitos urbanos, en lugares estratégicos.
- + Estudiar y realizar planeamientos de detalle las áreas que condensen valores de referencia de paisaje del ámbito, como áreas y ejes representativos o espacios de centralidad.
- + Eliminar los impactos sonoros negativos procedentes del tráfico rodado de las grandes infraestructuras viarias o ferroviarias. Y a su vez, introducir sonidos agradables: fuentes, sonidos de pájaros, etc.
- + Aumentar las sensaciones olfativas agradables (con plantas de floración o especies aromáticas) y eliminar las desagradables (sobre todo considerando los vientos dominantes y la colocación de vertederos o zonas industriales).

La ciudad sostenible debe ser más compleja, y por tanto se propone aumentar la complejidad mediante⁴⁶:

+ El aumento de la mixticidad de usos y funciones urbanas. La distribución dispersa en el territorio de la ciudad difusa no permite el acceso a la ciudad de la mayoría de los ciudadanos.

+ El aumento de la complejidad en un espacio limitado supone un aumento de trayectorias de relación entre los diversos portadores de información, lo que permite el aumento de sinergias de todo tipo, entre ellas las propias de las economías de aglomeración y de urbanización, se aumenta la probabilidad de encuentro bilateral y de encuentro integral y múltiple entre las personas.

+ El aumento de las probabilidades de contacto entre los "diversos" proporciona una de las características básicas de las ciudades complejas: la creatividad.

Se propone establecer un mínimo de mezcla de usos en los nuevos desarrollos o en operaciones de creación de centralidad en las áreas existentes; desarrollar planes urbanísticos que potencien el modelo de ciudad compleja con actividades densas en conocimiento (actividades @) así como abordar el reto de hacer ciudad en los tejidos provenientes de antiguos patrones de periferias industriales.

No resulta fácil establecer indicadores para analizar y evaluar la complejidad de las ciudades. Destacan los propuestos para la ciudad de Sevilla. (Ver *tabla 3.6*)

La medida de la complejidad (H) por manzana refleja el grado de madurez o centralidad de cada zona urbana. La densidad de información por manzana (medida en bits de información por persona jurídica) informa del grado de centralidad de las diferentes partes de la ciudad, lo que permite saber el grado de madurez de las áreas a desarrollar y lo que es más importante la prioridad de las áreas con pautas de monofuncionalidad.

Al aumento de la complejidad urbana debería ir acompañada de un incremento de las actividades densas en conocimiento⁴⁷, es decir, actividades con información como valor añadido, también denominadas actividades @. En la ciudad, la información como valor añadido no sólo se da en las nuevas actividades TIC, sino que es conveniente extenderla al conjunto de usos y funciones urbanas. Edificios con @ (bioclimáticos, por ejemplo); viviendas con @ (aplicación de la domótica en ellas); espacio público con @ que incorpora la información a través del diseño y el mobiliario "inteligente"; servicios con @: hoteles, escuelas, centros de salud, etc.; o bienes de consumo con @; son ejemplos de aplicación práctica para el desarrollo del modelo de ciudad del conocimiento.

⁴⁶ Rueda, S. Un nuevo urbanismo para una ciudad más sostenible. Conferencia Escuela Superior de Arquitectura de Sevilla (marzo 2006).

⁴⁷ Rueda, S. "Plan Especial de indicadores de sostenibilidad ambiental de la actividad urbanística de Sevilla.", diciembre 2006, Agencia de Ecología Urbana de Barcelona".

Tabla 3.6 Indicadores de Complejidad Urbana propuestos para la ciudad de Sevilla

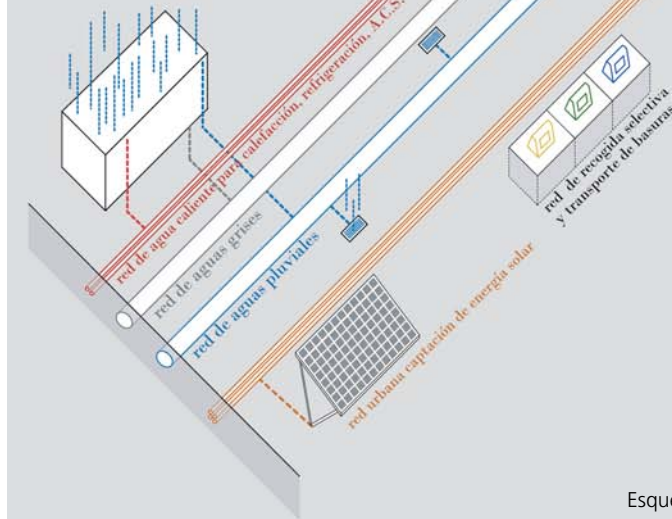
Indicador de Complejidad urbana *	condicionante Valor	Área espacial de medida (m)
Complejidad urbana (H)	Complejidad urbana mayor de 6 bits de información por individuo en áreas comerciales y de oficinas, y en áreas con presencia de estaciones de corredores ferroviarios y de estaciones de metro	200 x 200
El reparto entre actividad y residencia	Mínimo 30% de superficie de techo edificatorio para albergar personas jurídicas	100 x 100
Superficie mínima de los locales	El 80% de los locales situados en planta baja, deben sumar superficies comprendidas entre 50 y 200 m²	200 x 200
La proporción de actividades de proximidad	Mínimo 10% del total de personas jurídicas, de carácter cotidiano (actividades de proximidad)	200 x 200
Diversidad de actividades. Índice de especialización	Índice de especialización 1 para todas las agrupaciones de personas jurídicas	200 x 200
La proporción de actividades densas en conocimiento	Actividades @ Mínimo 25% del total de personas jurídicas, densas en conocimiento (actividades @)	200 x 200

* “Plan especial de indicadores de sostenibilidad ambiental de la actividad urbanística de Sevilla”. Diciembre 2006. por la Agencia de Ecología Urbana de Barcelona, director Salvador Rueda.

Buenas prácticas

Aumentar la complejidad urbana significa aumentar la diversidad de las personas jurídicas y, con ello, el nivel de conocimiento que atesoran. Cuando se alcanza determinada masa crítica, un número mayor de actividades prosperan por las sinergias que proporciona una complejidad creciente. Algunas recomendaciones concretas:

1. Coser los tejidos preexistentes con edificios que acepten la mixticidad de usos.
2. Reequilibrar las funciones urbanas en el conjunto de cada área. En las nuevas áreas de centralidad deben incluirse todas las actividades (incluso las productivas) buscando la mejor tecnología para conseguir la compatibilidad.
3. Recomponer los itinerarios urbanos a pie. Y hacer lo mismo con el transporte público.
4. El espacio público seguro y agradable para el peatón, debe prevalecer por encima de otras opciones, entendiendo que es el espacio público la característica principal de la ciudad mediterránea.
5. Deben combinarse las actividades de proximidad con las metropolitanas.
6. La mixticidad de usos y funciones permite que la calle sea ocupada y, en consecuencia, aumenta también la seguridad de la misma.



Esquema de nuevas redes a integrar en el modelo de urbanización eficiente

3.4 Criterios relativos a las redes e infraestructuras

3.4.1 Necesidad de implantación de nuevas redes

Las redes son el canal que utilizamos para intercambiar materia, energía e información entre los espacios urbanos y los que se relacionan con ellos, ya sea de manera remota o inmediata, en el espacio y en el tiempo. Las redes se vinculan a los espacios urbanos a los que sirven, están condicionadas por la estructura de esos espacios. La morfología de la trama urbana influirá en el trazado y articulación de las instalaciones urbanas.

El modelo de ciudad que adoptemos tendrá consecuencias en las infraestructuras, así un modelo extensivo de ciudad generará redes de gran desarrollo y más costosas tanto en la implantación como en su funcionamiento ordinario y mantenimiento. La variedad de usos, lo que algunos autores llaman complejidad urbana o su carencia, también tiene efectos sobre el conjunto de las redes. Como consecuencia, una actuación basada en el monocultivo de un uso concreto, producirá importantes distorsiones en las demandas, que se concentrarán en bandas horarias (picos de consumo) iguales para todos los usuarios de ese área urbana, con problemas de suministro y eficiencia.

Sirva este argumento para defender una vez más, el modelo de ciudad compacta y diversa por ser el más eficiente en la distribución y aprovechamiento de los recursos y

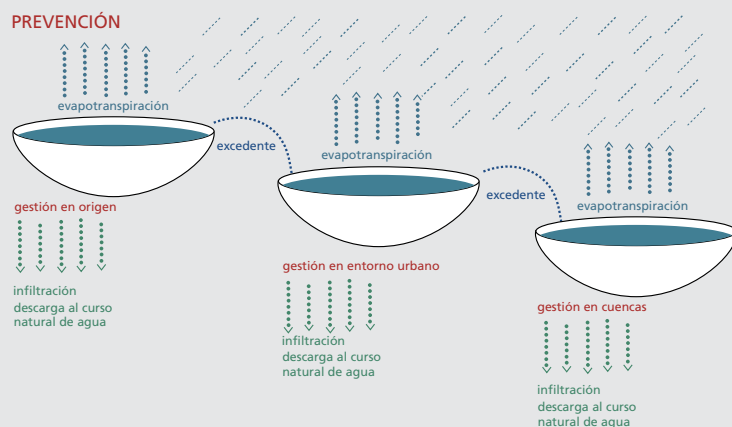
por ser el que en definitiva, contribuye a hacer ciudad tal y como la hemos entendido históricamente.

La propuesta de eficiencia para las diferentes redes urbanas se basa en la necesidad de implantación de nuevas redes que mejoren el rendimiento energético en el urbanismo y optimicen la gestión de los recursos naturales y urbanos que se utilizan y transforman.

Sobre el total de redes que se incorporan normalmente en los diferentes proyectos de urbanización nadie se plantea ya su “necesidad”, se han asumido como imprescindibles. Son estas las redes habituales y algunas de ellas incluso caracterizan normativamente el paso de suelo no urbano a suelo urbano. Estas redes son las siguientes:

- + Suministro y distribución de agua potable y contra incendios.
- + Alcantarillado, sistema unitario (hasta ahora el más utilizado) o separativo.
- + Red de riego de parques y jardines públicos.
- + Alumbrado público.
- + Suministro y distribución de energía eléctrica (media y baja tensión).
- + Suministro y distribución de gas natural.
- + Red de telecomunicaciones.

La primera recomendación, es la incorporación de nuevas redes que por su mayor eficiencia energética o de



Cadena de gestión del agua

gestión de los recursos que manejan, hacen necesaria su integración en el modelo de urbanización eficiente. Estas redes que se proponen son:

- + Redes separativas no convencionales de aguas pluviales y de aguas grises.
- + Redes de agua caliente o sobrecalentada para calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria.
- + Red urbana de captación de energía solar mediante paneles solares fotovoltaicos para el vertido a la red o consumo directo en espacios y servicios públicos.
- + Red de recogida selectiva y transporte neumático de basuras.
- + Red de control, gestión y mantenimiento inteligente de todas las infraestructuras.

3.4.2 Redes separativas no convencionales de aguas pluviales (red de drenaje) y de aguas grises

Red de aguas pluviales no convencional, sistemas urbanos de drenaje sostenible

Uno de los problemas que más preocupa a nuestra sociedad en estos momentos es la "escasez" de agua y la degradación de los ecosistemas. Instituciones de algunos de los países más avanzados del mundo vienen reconociendo en los últimos años los múltiples beneficios derivados de afrontar la gestión del agua de lluvia desde una perspectiva alternativa a la convencional, tendiendo hacia un desarrollo sostenible y en concordancia con el medio am-

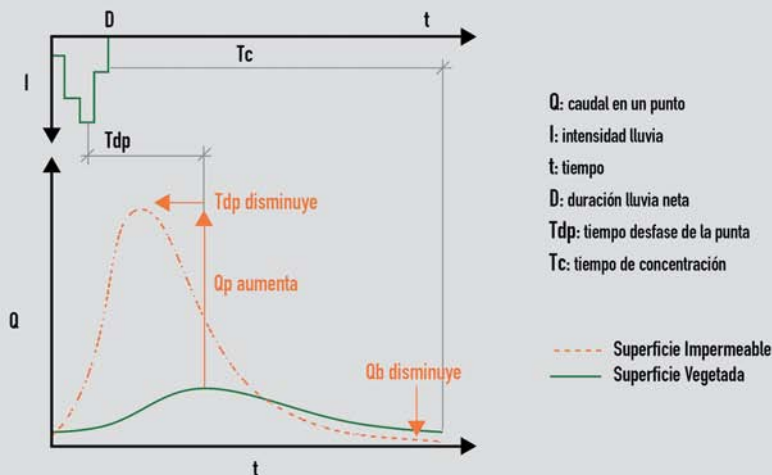
biente. De este modo emergen con fuerza los **Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible** (SUDS), también conocidos como BMP's (Best Management Practices), cuya filosofía es reproducir, de la manera más fiel posible, el ciclo hidrológico natural previo a la urbanización o actuación humana. Su objetivo es resolver tanto los problemas de cantidad como de calidad de las escorrentías urbanas, minimizando los impactos del desarrollo urbanístico y maximizando la integración paisajística y los valores sociales y ambientales de las actuaciones programadas.

Problemática de los sistemas convencionales

Los sistemas convencionales de saneamiento y drenaje en las ciudades, tienen como objetivo primordial evacuar lo antes posible las escorrentías generadas en tiempo de lluvia hacia el medio receptor.

Resueltos a priori estos problemas, aparece recientemente otro, el de la calidad de las escorrentías urbanas en tiempo de lluvia y el impacto que sus vertidos generan en el medio ambiente. Hoy en día se es plenamente consciente de que el agua de lluvia urbana, lejos de ser agua limpia, es una fuente importante de contaminación. El problema se acentúa si, además, la red de alcantarillado es unitaria.

El desarrollo urbano conlleva una serie de impactos que generan a su vez efectos negativos sobre las masas de agua receptoras. Por una parte el crecimiento de las



Cambios inducidos por el desarrollo urbano en la transformación lluvia-escorrentía

zonas impermeables en las ciudades modifica los flujos naturales del ciclo hidrológico, tanto desde el punto de vista cualitativo como cuantitativo. El aumento de la impermeabilidad redonda en una reducción de la infiltración. Como consecuencia de todo ello, se generan volúmenes de escorrentía netamente mayores, y además, se aceleran los tiempos de respuesta, por lo que aumenta el riesgo de inundaciones.

Por otro lado, aparecen problemas de calidad, ya que las actividades humanas generan, tanto en la atmósfera como en la superficie de las cuencas urbanas, una amplia gama de contaminantes: sedimentos, materia orgánica, nutrientes, hidrocarburos, elementos patógenos (bacterias y virus), metales, pesticidas... El origen de esta contaminación corresponde a zonas muy amplias y de difícil acotación, por lo que se habla de contaminación difusa. Durante los eventos de precipitación, la contaminación acumulada en la superficie durante el tiempo seco es lavada y arrastrada hacia la red de colectores. Y si la red de alcantarillado es unitaria (como ocurre en la mayoría de los sistemas españoles), a lo anterior hay que añadir el efecto del lavado de los sedimentos que durante el tiempo seco se han ido depositando en la red como consecuencia del tránsito de las aguas residuales. El impacto en el medio receptor de tales escorrentías genera por tanto problemas graves como la caída del oxígeno disuelto (que puede provocar la mortandad de especies y la reducción de la oxidación natural de elementos tóxi-

cos), el incremento de las concentraciones de nutrientes (con el consiguiente riesgo de eutrofización), la contaminación por agentes patógenos (que puede derivar en problemas de salud pública, por ejemplo, en aguas de baño) o la acumulación de elementos tóxicos (que puede tener consecuencias en la cadena trófica, y por otra parte, aumenta los costes de potabilización del agua). En definitiva, el problema de la contaminación de las escorrentías urbanas y de su vertido directo al medio natural es una cuestión grave que merece la misma atención que en su día requirió el tratamiento de las aguas residuales. No obstante, la naturaleza intermitente del proceso de lluvia induce a encontrar soluciones que respondan correctamente con un funcionamiento discontinuo.

Enfoque alternativo para la gestión de pluviales

En la actualidad está ampliamente reconocido a nivel mundial que se necesita un cambio en la manera de gestionar el agua de lluvia en entornos urbanos. No es suficiente con proteger la ciudad contra inundaciones, sino que se ha de tener en cuenta el efecto que la escorrentía generada y transportada aguas abajo produce en el medioambiente, junto con los múltiples efectos colaterales que conlleva, y que afectan incluso a lugares situados a grandes distancias del punto de origen. Por otro lado, y más que nunca ahora que comienzan a ser notables las consecuencias de la sequía y del cambio climático, no



Cubiertas vegetadas

podemos permitirnos el lujo de desperdiciar el agua de lluvia, y es imprescindible contabilizar este recurso natural como un elemento más a tener en cuenta dentro de la gestión hídrica.

La necesidad de que nuestro desarrollo sea verdaderamente sostenible y respetuoso con el medio ambiente, ha hecho que en multitud de países emerja con fuerza el empleo de **Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible** (SUDS), que pueden definirse como elementos integrantes de la infraestructura (urbano-hidráulico-paisajista) cuya misión es captar, filtrar, retener, transportar, almacenar e infiltrar al terreno el agua, de forma que ésta no sufra ningún deterioro e incluso permita la eliminación, de forma natural, de al menos parte de la carga contaminante que haya podido adquirir por procesos de escorrentía urbana previa.

Los SUDS engloban un amplio espectro de soluciones que permiten afrontar el planeamiento, diseño y gestión de aguas pluviales dando tanta importancia a los aspectos medioambientales y sociales como a los hidrológicos e hidráulicos. Pero la utilidad de estas medidas va más allá de la gestión de las escorrentías urbanas en tiempo de lluvia. El sistema concebido inicialmente para resolver problemas en tiempo húmedo, es además útil para gestionar otros tipos de escorrentía superficial en tiempo seco, como la producida por sobrantes de riego, baldeo de calles, vaciado de fuentes y estanques ornamentales, etc.

Los objetivos de los SUDS incluyen:

- + Preservar la calidad de las aguas receptoras de escorrentías urbanas;
- + Respetar el régimen hidrológico natural de las cuencas, reduciendo los volúmenes de escorrentía y caudales punta procedentes de zonas urbanizadas, con la ayuda de elementos de retención en origen y minimizando áreas impermeables;
- + Integrar la gestión y el tratamiento de las aguas de lluvia en el paisaje, minimizando el coste de las infraestructuras de drenaje al mismo tiempo que aumenta el valor del entorno;
- + Reducir la demanda de agua potable, realizando la gestión integral de los recursos hídricos al fomentar la reutilización en origen tanto de aguas pluviales como grises.

La reducción de volúmenes de escorrentía y caudales punta puede solucionar la incapacidad hidráulica de la red de colectores convencional debida al crecimiento urbano no previsto en las fases de planificación de la misma. Con esto puede evitarse la necesidad de desdoblamiento de la red convencional o el hecho de tener que asumir inundaciones más frecuentes.

Por otra parte, la reducción del volumen de escorrentía y caudales punta redundará en un mejor funcionamiento de las estaciones depuradoras, al darse las siguientes condiciones:



Superficies permeables

- + Reducción de costes al reducirse el volumen de los influentes en las mismas.
- + Reducción de costes al no alterarse frecuentemente el patrón de contaminantes para el que la depuradora ha sido diseñada.
- + Reducción del número de vertidos (DSU) a la entrada de la depuradora por incapacidad de la misma.

Desde esta perspectiva, el empleo de SUDS no sólo mejora la gestión de las aguas pluviales, sino la gestión del agua en general, tanto al abastecimiento como al drenaje y posterior tratamiento. (Ver tabla 3.7)

Tipologías

Una de las clasificaciones más recurrentes en la literatura existente sobre las diferentes tipologías de SUDS es la que diferencia entre medidas estructurales y no estructurales. Las medidas y técnicas englobadas en cada una de estas categorías se describen brevemente a continuación⁴⁹.

Las medidas no estructurales previenen por una parte la contaminación del agua, reduciendo las fuentes potenciales de contaminantes, y por otra, evitan parcial-

mente el tránsito de las escorrentías hacia aguas abajo y su contacto con contaminantes. Abarcan temas como la educación y programas de participación ciudadana, el control de la aplicación de herbicidas y fungicidas en parques y jardines, la limpieza frecuente de superficies para reducir la acumulación de contaminantes, el cuidado en las zonas en obras para evitar el arrastre de sedimentos, el control de las conexiones ilegales al sistema de drenaje y la recogida y reutilización de pluviales, entre otros.

Por su parte, se consideran medidas estructurales aquellas que gestionan la escorrentía contaminada mediante actuaciones que contengan, en mayor o menor grado, algún elemento constructivo, o supongan la adopción de criterios urbanísticos *ad hoc*. Las medidas estructurales más utilizadas son las siguientes:

Cubiertas vegetadas

Sistemas multicapa con cubierta vegetal que recubren tejados y terrazas de todo tipo. Están concebidas para interceptar y retener las aguas pluviales, reduciendo el volumen de escorrentía y atenuando el caudal pico. Además retienen contaminantes, actúan como capa de aislante térmico en el edificio y ayudan a compensar el efecto “isla de calor” que se produce en las ciudades.

⁴⁸ Revitt, D.M.; Ellis, J.B. y Scholes, L. (2003) “Review of the Use of Stormwater BMPs in Europe”. Report 5.1. EU 5th Framework DayWater Project.

⁴⁹ “Los sistemas urbanos de drenaje sostenible: una alternativa a la gestión del agua de lluvia”. V Congreso Nacional de Ingeniería Civil. Sevilla Noviembre 2007. Sara Perales Momparler, Ignacio Andrés-Doménech.

Tabla 3.7 Comparación entre el sistema de drenaje, convencional y el sistema alternativo SUDS

	Sistemas Convencionales	Sistema Alternativo SUDS
	Colectores	
Coste de construcción	Pueden ser equivalentes, aunque los usos indirectos de los SUDS reducen su coste real	
Coste de operación y mantenimiento	Establecido	No establecido: falta experiencia
Control de inundaciones en la propia cuenca	Sí	Sí
Control de inundaciones aguas abajo	No	Sí
Reutilización	No	Sí
Recarga/Infiltración	No	Sí
Eliminación de contaminantes	Baja	Alta
Beneficios en servicio al ciudadano	No	Sí
Beneficios educacionales	No	Sí
Vida útil	Establecida	No establecida: falta experiencia
Requerimientos de espacio	Insignificantes	Dependiendo del sistema, pueden ser importantes
Criterios de diseño	Establecidos	No establecidos: falta experiencia

Superficies Permeables

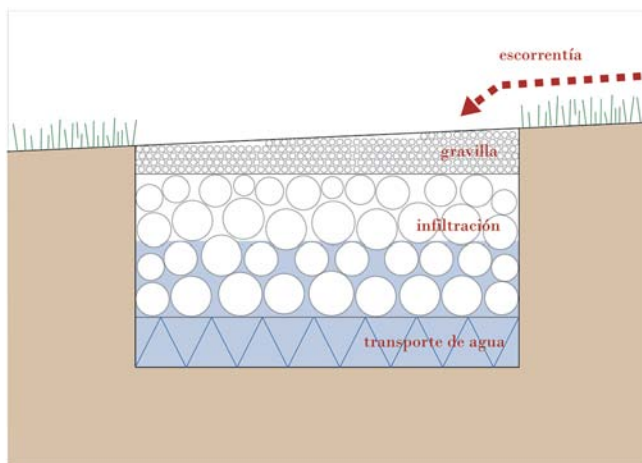
Pavimentos que permiten el paso del agua a su través, abriendo la posibilidad a que ésta se infiltre en el terreno o bien sea captada y retenida en capas sub-superficiales para su posterior reutilización o evacuación. Pueden actuar como sumideros filtrantes. Existen diversas tipologías, entre ellas: césped o gravas (con o sin refuerzo), bloques impermeables con juntas permeables, bloques y baldosas porosas, pavimentos continuos porosos (asfalto, hormigón, resinas, etc.). El nivel de permeabilidad se introduce en los cálculos de las redes con el coeficiente de escorrentía que establece que porcentaje del agua de lluvia se transforma en escorrentía y cual es retenido por la superficie.

Franjas Filtrantes

Franjas de suelo vegetadas, anchas y con poca pendiente, localizadas entre una superficie dura y el medio receptor de la escorrentía (curso de agua o sistema de captación, tratamiento, infiltración y/o evacuación). Propician la sedimentación de las partículas y contaminantes arrastrados por el agua, así como la infiltración y disminución de los volúmenes de escorrentía.

Pozos y Zanjas de Infiltración

Pozos y zanjas poco profundos rellenos de material drenante (granular o sintético), a los que vierte escorrentía de superficies impermeables contiguas. Se conciben como estructuras de infiltración capaces de absorber totalmente el volumen de escorrentía para el que han sido diseñadas.



Dren filtrante

Drenes Filtrantes o Franceses

Zanjas poco profundas rellenas de material filtrante (granular o sintético), con o sin conducto inferior de transporte, concebidas para captar y filtrar la escorrentía de superficies impermeables contiguas con el fin de transportarlas hacia aguas abajo. Además pueden permitir la infiltración y la laminación de los volúmenes de escorrentía.

Cunetas Verdes

Estructuras lineales vegetadas de base ancha y talud tendido diseñadas para almacenar y transportar superficialmente la escorrentía. Deben generar bajas velocidades que permitan la sedimentación de las partículas para una eliminación eficaz de contaminantes. Adicionalmente pueden permitir la infiltración a capas inferiores.

Depósitos de Infiltración

Depresiones del terreno diseñadas para almacenar e infiltrar gradualmente la escorrentía generada en superficies contiguas. Se promueve así la transformación de un flujo superficial en subterráneo, consiguiendo adicionalmente la eliminación de contaminantes mediante filtración, adsorción y transformaciones biológicas.

Depósitos de Detención En Superficie

Depósitos superficiales diseñados para almacenar temporalmente los volúmenes de escorrentía generados aguas arriba, laminando los caudales punta. Favorecen la sedimentación y con ello la reducción de la contami-



Cuneta-Dren filtrante

nación. Pueden emplazarse en "zonas muertas" o ser compaginados con otros usos, como los recreacionales, en parques e instalaciones deportivas.

Depósitos de Detención Enterrados

Cuando no se dispone de terrenos en superficie, o en los casos en que las condiciones del entorno no recomiendan una infraestructura a cielo abierto, estos depósitos se construyen en el subsuelo. Se fabrican con materiales diversos, siendo los de hormigón armado y los de materiales plásticos los más habituales.

Estanques de Retención

Lagunas artificiales con lámina permanente de agua con vegetación acuática, tanto emergente como sumergida. Están diseñadas para garantizar largos periodos de retención de la escorrentía, promoviendo la sedimentación y la absorción de nutrientes por parte de la vegetación. Contienen un volumen de almacenamiento adicional para la laminación de los caudales punta.

Humedales

Similares a los anteriores pero de menor profundidad y con mayor densidad de vegetación emergente, aportan un gran potencial ecológico, estético, educativo y recreativo.

Los SUDS están concebidos para sustituir a los colectores enterrados convencionales, o en su caso utilizarse en



Cuneta verde. Dundee.

combinación con ellos, sin que ello vaya en detrimento del nivel de seguridad frente a inundaciones exigible a las infraestructuras de drenaje de la ciudad. Su aplicabilidad es evidente para nuevos desarrollos urbanos, pero no debe descartarse en zonas ya consolidadas, donde pequeñas actuaciones puntuales pueden traer consigo beneficios nada desdeñables. La conveniencia de aplicar unas u otras técnicas dependerá de los condicionantes particulares de cada actuación, siendo la climatología y la geología factores importantes a considerar.



Humedal artificial



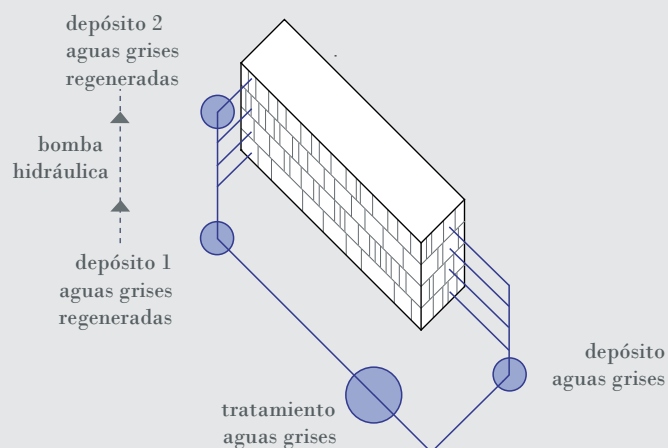
Depósito de infiltración.

Red separativa de aguas grises

Los sistemas de aprovechamiento de aguas pluviales pueden ser implementados con la integración de instalaciones de tratamiento y reutilización de aguas grises (provenientes de lavabo, ducha y bañera), que proporcionan un caudal de suministro de agua regenerada continuo e independiente de las condiciones climatológicas.

Esta posibilidad se aplica desde hace años en algunos países, sin embargo en España por los posibles problemas de seguridad higiénico-sanitaria no ha sido una práctica permitida. Sin embargo el RD1620/2007, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de aguas depuradas, ha modificado este escenario y admite entre los usos para las aguas regeneradas no solo el riego de jardines públicos y privados, sino el uso residencial de descarga de aparatos sanitarios y los usos ornamentales en estanques, masas de agua y caudales circulantes, estableciendo las exigencias en cuanto a parámetros de calidad.

La utilización de las nuevas tecnologías y sistemas ya disponibles en el mercado (de diseño compacto y poco voluminoso, fácil mantenimiento con mínimo gasto y seguridad funcional), abren la puerta a la reutilización del agua en origen en el ámbito urbano. Su uso en viviendas, residencias, hoteles, instalaciones deportivas, centros comerciales, etc. supone un gran ahorro de agua



Reutilización de aguas grises en los inmuebles

potable con ventajas tanto económicas como medioambientales. Excedentes de aguas grises ya tratadas y no utilizadas en origen, pueden incorporarse al sistema de gestión de aguas pluviales (SUDS) municipal, ofreciendo la posibilidad de su aprovechamiento en otras zonas (por ejemplo, para riego de zonas ajardinadas de gran extensión sin edificaciones anexas).

En este sentido cabe señalar que el “Manual para la realización de obras menores de forma ambientalmente correcta en los edificios públicos del Ayuntamiento de Madrid”, ya apunta que *la reutilización de las aguas grises dentro de un mismo edificio supone una opción viable y existente en el mercado, por lo que se considera que su instalación debería plantearse como mínimo en las parcelas de equipamiento y servicios públicos, como paso previo a la generalización de su uso en parcelas privadas*. Asimismo cabe destacar el trabajo de la EMVS que está llevando a cabo proyectos de edificios con carácter de experiencia piloto con reutilización de aguas grises en edificios.

Criterios generales de diseño a escala local

Para realizar una gestión eficiente y sostenible del agua es necesario tener en cuenta una serie de principios generales de diseño, las implicaciones en la modificación del diseño de redes, las exigencias a establecer para los diferentes usos previstos en la ordenación y los criterios para el análisis del balance hídrico que permitan cuantificar los ahorros conseguidos.

Principios generales

+ Detención y laminación de la escorrentía en origen y durante su transporte al punto de almacenamiento o vertido, de manera que se aumente el tiempo de concentración y se disminuya el caudal pico transportado;

+ Aprovechamiento de las zonas verdes, con un diseño adecuado, como sistemas de captación, transporte, laminación, tratamiento y almacenamiento del agua en superficie.

+ Maximización de la utilización de pavimentos permeables en la urbanización, tomando como parámetros mínimos los establecidos por la “Ordenanza de Gestión y Uso Eficiente del Agua en la Ciudad de Madrid”:

- + Aceras de ancho > 1,5m:
Superficie mínima permeable 20%
- + Bulevares y medianas:
Superficie mínima permeable 50%
- + Plazas y zonas verdes urbanas:
Superficie mínima permeable 35%

+ Captación de la escorrentía en la red viaria mediante técnicas de filtración (en lugar del uso de los imbornales tradicionales), de manera que se reduzca o incluso se elimine la necesidad de depuración posterior de dichas aguas previamente a su utilización como recurso hídrico alternativo (utilizando además métodos de transporte que contribuyen a la mejora de su calidad);

Possible reutilization of non-potable water for the refilling of the tanks of the toilets in the equipments and buildings both public and private.

Modificaciones en el diseño de redes

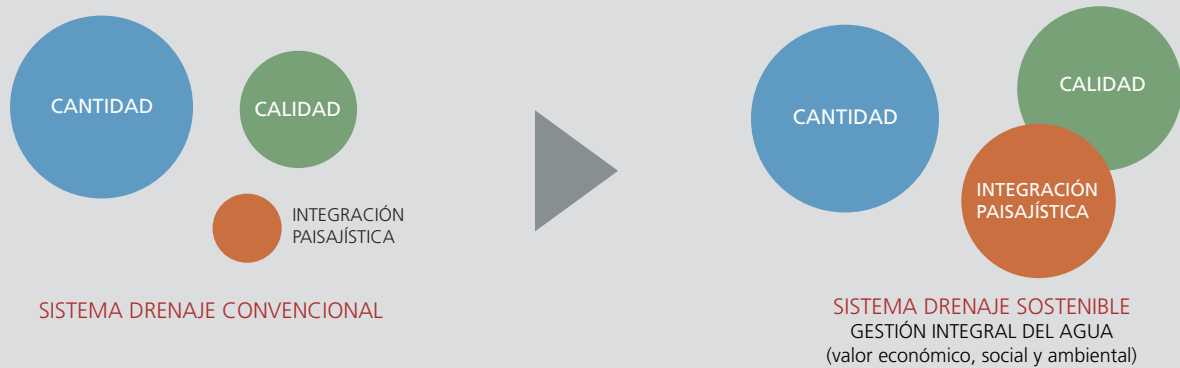
Estos criterios introducen modificaciones en la concepción de las redes de saneamiento:

Red de aguas pluviales, distinta de la red de saneamiento enterrada, y que combina tanto elementos enterrados como superficiales. El empleo de técnicas SUDS, con una combinación adecuada de las mismas y adaptada a cada caso en concreto, puede suponer que no haya necesidad de un tratamiento adicional previo a la entrada del agua de escorrentía a los depósitos de almacenamiento (tanto privados como públicos) o a su vertido al cauce receptor.

Red de aguas grises diferenciada de la red de aguas negras, que permite el tratamiento de las aguas residuales

menos contaminadas en origen, incrementando así notablemente el caudal de aguas regeneradas disponibles en el ámbito para los diferentes usos permitidos. Dicho tratamiento puede realizarse a nivel de edificio o a nivel de barrio. Entre las ventajas de la primera opción cabe destacar la disponibilidad de agua regenerada en el edificio (para usos como la recarga de inodoros y el riego de jardines privados) sin necesidad de redes adicionales de transporte en el ámbito urbano. El posible excedente de agua regenerada generado en las parcelas privadas podría transportarse hacia los depósitos de reutilización municipales aprovechando los canales e infraestructura previstos para las aguas pluviales. Además esta opción presenta la ventaja de evitar la concentración de grandes volúmenes de agua a tratar, con los inconvenientes espaciales, técnicos y económicos que conlleva.

Depósitos de almacenamiento y regulación de las aguas tratadas, desde los que se distribuya el agua regenerada para sus diferentes usos. En el diseño de los mismo deben considerarse tanto los volúmenes de agua esperados (aguas grises y pluviales), como los consumos previstos, y se les proveerá de un sistema de rebose a cauce natural, zona de infiltración o en su defecto a la red unitaria general de alcantarillado.



Sistema de drenaje convencional vs. sistema de drenaje sostenible

Tabla 3.7 Criterios para los diferentes usos tendentes a una gestión sostenible del agua

3.7.1 Edificación residencial, terciaria y equipamientos

PRIORIDAD	+ Minimizar las superficies impermeables. + Utilizar tres redes diferentes en la evacuación de aguas, distinguiendo entre aguas pluviales, grises y negras.
RECOMENDACIÓN	+ Instalación de azoteas vegetadas (en su amplio sentido, con la posibilidad de utilizar material granular o cualquier otro pavimento filtrante colocado sobre el sistema de evacuación de aguas). + No conectar las bajantes de aguas pluviales a los sistemas de evacuación enterrados, sino que el vertido se produzca en superficie y se dirija hacia el sistema de gestión del agua de las zonas verdes adyacentes.
POSIBILIDAD	+ Instalación de sistemas de tratamiento de aguas grises en el propio edificio. + Aprovechamiento de aguas pluviales y aguas grises ya tratadas en las parcelas privadas para riego de jardines privados, aguas de limpieza, recarga de las cisternas de los inodoros y uso en la protección contra incendios. + Gestionar excedentes de agua no potable (por ejemplo mediante infiltración del agua en el terreno) para minimizar el volumen y frecuencia de ‘vertido’ al sistema general.

3.7.2 Zonas Verdes

PRIORIDAD	+ Minimizar las superficies impermeables. + Priorizar la utilización de aguas pluviales y/o regeneradas en bocas de riego, estanques, lagos o fuentes ornamentales, riegos de vegetación y uso para bomberos. + Fomentar su uso como zonas de captación y laminación de escorrentías, con la creación de hondonadas (zonas cóncavas) que posibiliten su almacenamiento temporal. + Hacer pendientes en los caminos y zonas de paso que dirijan el agua hacia las zonas verdes adyacentes, diseñando las mismas para gestionar adecuadamente la escorrentía recibida. + Utilizar sistemas de terrazas en las pendientes más acusadas para disminuir la escorrentía.
RECOMENDACIÓN	+ Diseñar las zonas verdes con estanques y canales de agua permanentes con capacidad extra para actuar como estructuras laminadoras de las escorrentías. El llenado de estas instalaciones debe realizarse con agua no potable. + Compatibilizar los usos de los parques como estructuras de gestión de agua y usos previsibles de demanda ciudadana (zonas de esparcimiento, juego, descanso, etc.).
POSIBILIDAD	+ Utilizar agua no potable para baldeo de viales y limpieza de contenedores de basura. + Utilizar agua no potable para la recarga de acuíferos. + Diseño de humedales biorremediantes que mejoren la calidad de las aguas. + Crear recorridos educativos por las zonas verdes, ensalzando la gestión del Ciclo del Agua en el ámbito urbano, para aumentar la concienciación sobre el problema del Agua tanto en niños como en adultos.

3.7.3 Red Viaria

PRIORIDAD	+ Minimizar las superficies impermeables. + Facilitar el paso de la escorrentía hacia las zonas de captación (utilización de peralte adecuados en viario y aceras, uso de bordillos intermitentes, etc.).
RECOMENDACIÓN	+ Diseñar las zonas de medianas, rotondas, jardineras, etc. con un perfil cóncavo en lugar de convexo, con objeto de captar y retener el agua temporalmente en lugar de evacuarla rápidamente. + Utilizar sistemas de captación de escorrentía mediante filtrado en origen.
POSIBILIDAD	+ Incluir las bandas de aparcamiento y los alcorques corridos en la estrategia de filtración de la escorrentía. + Favorecer el transporte de la escorrentía por superficie, o en su caso, mediante sistemas enterrados no convencionales que al mismo tiempo mejoren la calidad del agua, y en su caso, favorezcan su infiltración en el subsuelo, siempre y cuando sus niveles de contaminación sean aceptables.



Depósito de detención de superficie en París

Criterios de diseño hidrológico-hidráulico

Se expone a continuación, con carácter orientativo, algunos datos que pueden ser de utilidad a la hora de realizar el análisis del balance hídrico de la implantación de una estrategia de gestión eficiente e integral del agua en entornos urbanos:

Dotaciones de agua para consumo doméstico

En función de la ordenación prevista y considerando tanto la “Ordenanza de Gestión y Uso Eficiente del Agua en la Ciudad de Madrid” como las Normas del Canal de Isabel II⁵⁰ se deben estimar las demandas y los volúmenes de aguas grises y negras generados. A modo orientativo se ha elaborado una tabla con los consumos domésticos por persona y día, considerando las medidas establecidas en la Ordenanza (art.11) para reducir los consumos, con el empleo de limitadores de caudal e inodoros de bajo consumo. (Ver tabla 3.8)

Dotaciones de agua para riego

Las necesidades de riego se deben establecer en función de las superficies a regar y aplicando las limitaciones de caudales máximos diarios de riego establecidos por la “Ordenanza de Gestión y Uso Eficiente del Agua” que

la fija en 1,8 l/m² tanto para parques y jardines de uso público como privado.

Asimismo se debe hacer una estimación de la superficie a regar, que en ausencia de datos más precisos podría adoptarse la establecida en la tabla 3.9.

Tabla 3.8 Dotaciones de agua para consumo doméstico
Consumos (l/persona/día)

Ducha	40
Lavabo de aseo	20
Aguas grises	60
Cisternas de inodoros	34
Lavavajillas	2
Lavadoras	16
Lavabo de cocina	30
Aguas negras	82
TOTAL DIARIO	142

⁵⁰ Canal de Isabel II “Normas para Redes de Saneamiento del Canal de Isabel II (Marzo 2006)

Tabla 3.9 Dotaciones de agua riego

Usos	Superficie a regar (%)
Residencial	10%
Equipamiento	30%
Zona Verde	80%
Viario	10%

Red de aguas pluviales

El diseño de un sistema SUDS debe partir de la caracterización de los diferentes episodios de lluvia. Los episodios de precipitación más frecuentes son eventos de pequeña magnitud en cuanto a volumen de lluvia, y son precisamente estos eventos frecuentes los que generan altas concentraciones de contaminantes en las escorrentías urbanas (fenómeno de primer lavado). Su control será por tanto primordial para la reducción de la contaminación vertida a los medios receptores. Por otra parte, a los eventos extremos, con períodos de retorno altos, corresponde el diseño para evitar inundaciones. Por lo tanto, un diseño integral desde el punto de vista de la calidad y la cantidad debe trabajar con todo el espectro de eventos de lluvia, desde los eventos frecuentes y de pequeña entidad hasta los eventos raros y de gran magnitud.

Una primera estimación en el caso madrileño, podría adoptar un caudal de cálculo para un periodo de retorno de 10 años, con una intensidad media de precipitación de 150 l/s/ha., no obstante los proyectos de urbanización requieren la realización de cálculos hidrológicos-hidráulicos más precisos, pudiendo contar con la ayuda de programas informáticos de modelización.

Beneficios obtenidos

La adopción de este enfoque innovador y alternativo de la gestión del agua en entornos urbanos reporta múltiples BENEFICIOS, entre los que cabe citar los siguientes:

- + Reducción de las demandas de agua potable, que fácilmente puede llegar a la AUTOSUFICIENCIA del barrio en cuanto a necesidades de agua regenerada para usos en riego de jardines y descarga de inodoros, entre otros.
- + Reducción de los volúmenes de aguas contaminadas generados a tratar en las depuradoras municipales (pudiendo alcanzar el 100% de las aguas pluviales y el 60% de las residuales).
- + Reducción del riesgo de inundación aguas abajo derivado de la disminución de volúmenes y caudales punta de escorrentía.
- + Menor interferencia en los regímenes naturales de las masas de aguas receptoras, tanto en calidad como en cantidad.

Tabla 3.10 Selección del nivel de recurrencia según el objetivo de diseño

Objetivo de diseño	Periodo de retorno de la lluvia (años)			
	0,1	1	10	100
Control de la contaminación				
Control de la erosión en el medio receptor				
Control de las inundaciones				

+ Mejor funcionamiento de las estaciones depuradoras, al reducirse el influente en las mismas y tener éste un patrón de contaminantes más constante.

+ Reducción del efecto “isla de calor” en las ciudades, contrarrestando el aumento de temperatura provocado por superficies asfaltadas y hormigonadas.

+ Disminución del consumo de energía, tanto en refrigeración y calefacción de instalaciones como por la disminución del volumen de agua a tratar en los procesos de depuración tradicionales.

+ Incremento del valor añadido de las urbanizaciones, debido a la calidad paisajística del entorno y la dotación de zonas recreacionales adicionales.

Desde esta perspectiva, el empleo de SUDS no sólo mejora la gestión de las aguas pluviales, sino la gestión del agua en general, tanto en cuanto al abastecimiento como al drenaje y posterior tratamiento.

Buenas prácticas

+ Reproducir, de la manera más fiel posible, el ciclo hidrológico natural previo a la urbanización o actuación humana.

+ Aprovechamiento de las zonas verdes, con un diseño adecuado, como sistemas de transporte, laminación, tratamiento y almacenamiento del agua en superficie.

+ Maximización de la utilización de pavimentos permeables en la urbanización.

+ Separación en las bajantes de los edificios de la red de aguas grises no depuradas de la red de pluviales, para evitar la contaminación de éstas últimas.

+ Aplicación de un tratamiento depurador a las aguas grises previo a su almacenamiento en los depósitos de agua no potable; para su utilización como agua regenerada.

+ Reutilización del agua regenerada para riego de zonas verdes, baldeo de calles, y abastecimiento de estanques y fuentes ornamentales.

+ Posible reutilización del agua no potable para la recarga de las cisternas de los inodoros en los equipamientos y edificios públicos y privados.

3.4.3 Redes urbanas de agua caliente o sobrecalentada para calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria

La instalación de un sistema centralizado de producción de calor será una de las operaciones que mejor contribuya a la eficiencia energética de esa área urbana.

Las ventajas de los sistemas centralizados son conocidas:

- + Mejores rendimientos aprovechando el factor de escala y los saltos tecnológicos que ésta permite.
- + Mejores precios en las tarifas de combustible.
- + Menores emisiones y más localizadas y controlables.
- + Mayor flexibilidad en el cambio a otro combustible ante nuevas estrategias energéticas.
- + Menor riesgo de incidencias de seguridad a nivel de consumidor (no llega el combustible a los usuarios finales) aumentando la confianza para los usuarios finales.
- + Menor coste de la energía útil para el usuario.

Cada nuevo desarrollo debe hacer su planteamiento energético, calculándose con el mayor detalle posible las demandas térmicas de viviendas y equipamientos para, posteriormente, analizar mediante cálculos de base horaria los rendimientos energéticos y económicos asociados a las distintas opciones de generación, distribución y gestión planteables. Las demandas térmicas suministrables mediante un sistema centralizado son la totalidad de las mismas, es decir ACS, calefacción y refrigeración, aunque se puede plantear un suministro parcial, como podría ser en una red de solo calor (ACS y calefacción). Generalmente los sistemas serán más rentables cuantos más consumos de distinta índole, horario y perfil estacional presenten.

Vuelven a ser aquí factores importantes tanto la densidad media como la diversidad. A mayor densidad la instalación es más económica en su implantación y más eficiente en su funcionamiento. La variedad de usos limitará los picos de consumo que distorsionan el dimensionado de cualquier instalación.

En un escenario de red de solo calor, se pueden plantear dos grandes alternativas en la producción:

Una primera opción en la que se dispondría una central térmica (calderas), para la producción exclusivamente de calor.

Una segunda opción más ambiciosa, consistiría en la instalación de una central de cogeneración (motores o turbinas) para la producción combinada de calor y electricidad.

Los criterios de elección serán casi siempre económicos, sin olvidar los de eficiencia energética que deberían primar en lo posible sobre aquellos. Es también importante el tamaño de la actuación, en este sentido para actuaciones pequeñas y medianas, será casi siempre más rentable la central térmica que supone una menor inversión.

En cualquier caso, siempre será conveniente considerar la implantación de colectores solares como sistema complementario y de apoyo en la fase de producción del agua caliente, consiguiendo así nuevamente un importante ahorro energético, aunque este aspecto debe ser analizado y diseñado conjuntamente con el sistema de cogeneración (si fuera el caso) para no generar dinámicas de funcionamiento antagónicas que puedan ser perjudiciales a nivel económico. La ubicación y el conexionado de los sistemas solares térmicos es un aspecto importante a trabajar y definir. En el caso de trabajar con una central térmica convencional, no de cogeneración o biomasa, su instalación será de obligado cumplimiento, en otro caso habrá que definir según la voluntad de ahorro. No debemos confundir la ubicación de los paneles, que pueden encontrarse en los bloques, algunos o todos, equipamientos, espacios públicos o la misma central, con su conexión a la producción, que puede ser en la generación de ACS de forma local en los bloques o equipamientos consumidores, cuando el sistema solar esté cercano o sobre el mismo, o directamente a la red de distribución en ciclo cerrado proveniente de la central de generación, trabajando, usualmente sobre el retorno de la misma o con una red de tres tubos.

Por otra parte si optamos por la cogeneración, estaremos contribuyendo a mejorar el balance energético de la ordenación, sumando sus rendimientos en producción de energía eléctrica a los que se obtengan en la red de captación solar fotovoltaica que se describe más adelante.

Tecnologías de producción, transformación y distribución

Sistemas de generación y transformación

Calderas convencionales, de alto rendimiento y de biomasa

Es el sistema comúnmente utilizado en los edificios de viviendas para la producción de ACS y calefacción. Existen edificios en los que hay una caldera central que suministra calor a todas las viviendas, aunque en los últimos años, lo más habitual es que cada una de las viviendas disponga de su propio equipo y sea independiente del resto de las viviendas del edificio. En Madrid, existe una red de distribución de gas natural bastante extendida, que unido a la política de sustitución de antiguas calderas de carbón, ha dado lugar a que un gran número de calderas utilicen el gas como combustible. Las calderas convencionales tienen un rendimiento medio de aproximadamente el 80%.

Además de este tipo de calderas individuales, existen en el mercado calderas de tamaño superior (generalmente utilizadas en industria y grandes edificios de oficinas) entre las que encontramos las llamadas calderas de alta eficiencia. Este tipo de calderas está diseñado con el objetivo de maximizar su eficiencia, con lo que llegan a rendimientos de hasta el 97%. Existen también, calderas de condensación con rendimientos de hasta el 107%, aunque requieren de una inversión bastante superior.

En cuanto a calderas de biomasa, existen diferentes tipos en función del quemador utilizado, pero que se basan en los mismos principios de funcionamiento que las calderas convencionales, los combustibles empleados pueden ser pellets, astillas de madera, residuos agrícolas (cáscara de almendra, hueso de uva, aceituna, melocotón, etc.)

Sistemas solares térmicos

Los sistemas solares térmicos para la producción de calor se encuentran actualmente en un periodo de expansión, sobre todo en ciertas aplicaciones como la producción

de ACS para equipamientos y viviendas. La tecnología ha tenido una fuerte evolución en los últimos años lo que ha permitido una ampliación de las aplicaciones sobre la base de un mayor fiabilidad, con sistemas que compiten a nivel comercial con sistemas convencionales y con una ampliación del rango de temperaturas de trabajo, permitiendo nuevas aplicaciones como la calefacción, la refrigeración o su aplicación a procesos industriales.

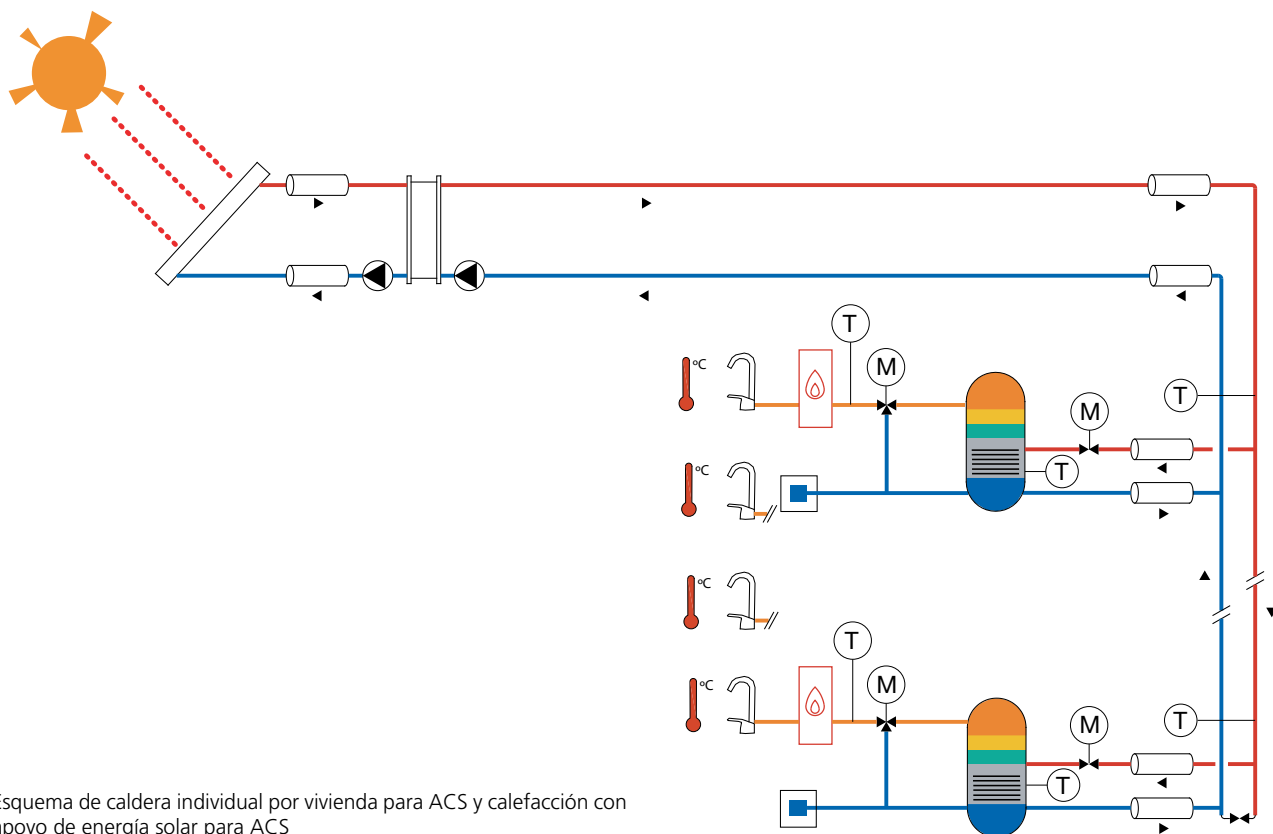
Para el caso de viviendas plurifamiliares con un diseño bioclimático que elimine la demanda de refrigeración estival, los consumos energéticos a los que se puede aplicar la energía solar térmica son la producción de ACS y calefacción.

Otra cuestión importante en el sistema es plantear el nivel de descentralización tanto en los colectores como en los sistemas de acumulación. En ambos casos la centralización presenta ventajas. En el caso de los colectores, la descentralización con colectores dando servicio a un pequeño número de viviendas, impide que la energía sobrante de alguno de los sistemas pueda ser aprovechado por otros en los que pueda hacer falta en otro sistema, por lo que hay un menor aprovechamiento de la energía producida. En el caso de la acumulación centralizada en grandes tanques, se consigue una estratificación de temperaturas, lo que permite alimentar colectores con agua más fría mejorando el rendimiento, además se disminuyen las pérdidas de calor respecto a la acumulación descentralizada.

Sistemas de cogeneración y trigeneración

La generación eléctrica convencional alcanza eficiencias medias entorno al 35%, perdiéndose el 65% restante en forma de calor. La cogeneración reduce estas pérdidas utilizando el calor generado en la combustión para alimentar procesos industriales o climatización a nivel de barrio.

Mediante la utilización del calor generado, la eficiencia de una planta de cogeneración puede llegar al 90%. Además, la energía generada suele consumirse localmente, con lo que las pérdidas de distribución pueden reducirse considerablemente. La cogeneración ofrece por tanto ahorros energéticos de entre un 15 y un 40% cuando se compara con el suministro de calor y electricidad a partir de sistemas convencionales.



Esquema de caldera individual por vivienda para ACS y calefacción con apoyo de energía solar para ACS

Las instalaciones de cogeneración están dimensionadas en base a la demanda de calor y se sitúan cerca de los puntos de consumo de calor, para evitar pérdidas de distribución.

Las plantas de cogeneración, muy extendidas en el sector industrial están iniciando su potenciación de cara a pequeños sistemas de redes centralizadas de consumidores domésticos, siendo rentables debido a las tarifas que se aplican en este sector. Este sistema permite la producción de calor para ACS y/o calefacción, así como la producción de energía eléctrica para su venta al sistema eléctrico.

Los beneficios que comportan son los siguientes:

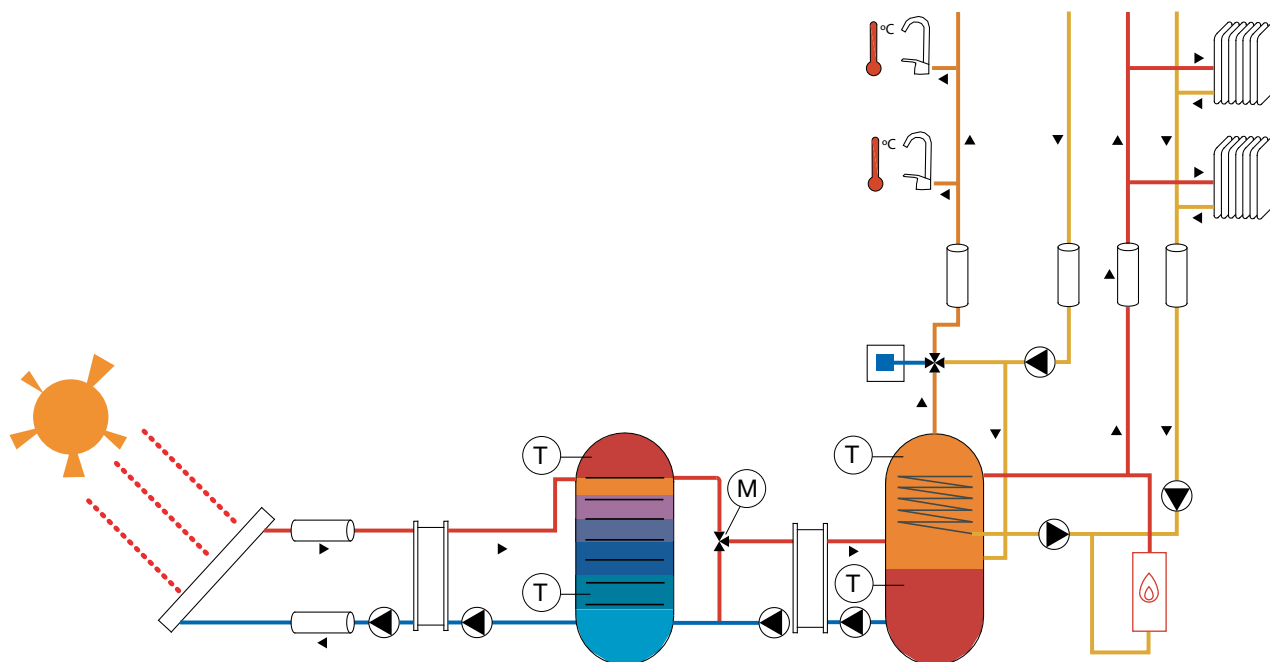
+ Mayor eficiencia de conversión y uso de la energía primaria.

+ Menor impacto ambiental, sobre todo CO_2 , principal causante del efecto invernadero.

+ En los casos que es posible utilizar residuos de biomasa, industriales o sólidos urbanos, implica además una reducción del coste de los combustibles y una gestión y tratamiento eficaz de los residuos a través de su valorización económica.

+ Mayor seguridad de suministro.

El funcionamiento se basa en un propulsor que mueve un generador produciendo energía eléctrica y calor residual de gases de escape que se recogen en el sistema de generación de calor. Los propulsores principales pueden ser turbinas de vapor, de gas y motores alternativos, y como nuevas tecnologías en fase avanzada de desarrollo estarían las pilas de combustible, microturbinas y motores Stirling.



Esquema de sistema solar térmico y caldera de gas centralizados por edificio de viviendas

Enfriadoras eléctricas y de accionamiento térmico, sistemas de trigeneración

El sistema empleado para enfriar se basa en un caso en la compresión de vapor, accionada normalmente mediante medios eléctricos y en el segundo caso en la afinidad química de un absorbente por el refrigerante.

La trigeneración consiste en la producción simultánea de electricidad, calor y frío mediante el empleo de enfriadoras. Este sistema aumenta la eficiencia de la operación ya que permite funcionar en meses del año en que no se necesita calor, como el periodo estival. De esta manera aumenta la eficiencia de la instalación.

Se puede afirmar que la trigeneración, es la evolución natural de la cogeneración para satisfacer las necesidades de refrigeración. Aunque se están aplicando para medias y grandes potencias, se están desarrollando tec-

nologías para poder reducir las potencias a aplicar por debajo de los 100 kWe.

Sistemas de acumulación

Permiten la acumulación del calor producido durante el día para su utilización durante la noche. Son un elemento indispensable al trabajar con fuentes de energía de disponibilidad variable (solar térmica) para ajustar producción y demanda. Se pueden plantear en grandes instalaciones sistemas de acumulación interstacional.

Sistemas de distribución

Existen diferentes configuraciones posibles para la red de distribución dependiendo de la distribución de usuarios, las fuentes de energía primaria utilizadas, el sistema de producción y auxiliares, el perfil de demanda, etc.

Sistemas individuales

Es un sistema totalmente independiente, es el sistema tradicional de producción de calor, con una caldera mixta en cada vivienda que produce calor para ACS y calefacción y que toma el agua para ACS de un tanque solar.

El cumplimiento del Documento Básico del Código Técnico de Edificación en lo referente a la aportación solar (HE4) exige el empleo de energía solar térmica para ACS: El municipio de Madrid pertenece a la zona climática IV, cuya cobertura solar debe ser de un mínimo de 60% en caso de realizarse el apoyo auxiliar con gas natural, GLP, gasoil o bomba de calor.

Los sistemas individualizados penalizan la eficiencia del sistema solar obligado a trabajar en rendimientos menores de los previsible con otras configuraciones. Así mismo, supone un coste alto debido a la gran cantidad de calderas mixtas a instalar.

Entre los aspectos positivos cabe destacar que esta individualización de los sistemas permite que, en caso de fallo o avería, sólo se vean afectadas las viviendas del bloque donde se hayan producido.

Sistemas colectivos por bloque

Es un sistema parcialmente centralizado, la producción principal se lleva a cabo en una planta central, pero los sistemas auxiliares se encuentran emplazados en los edificios de los usuarios. Como sistema auxiliar se considera también los sistemas de acumulación diarios.

La principal ventaja de este sistema es que la adecuación de la demanda puede llevarse a cabo de una forma más local.

Este tipo de sistemas es comúnmente utilizado cuando se combina el aprovechamiento de energía solar con los sistemas tradicionales. El sistema centralizado por edificios permite disminuir el coste adicional de las calderas individuales substituyéndolas por unas calderas mayores y de mayor eficiencia.

La facturación de la energía consumida en el caso de producción centralizada por edificio se lleva a cabo en función de la energía suministrada a cada vivienda. Para ello se requiere la instalación de contadores energéticos en la red interna de distribución.

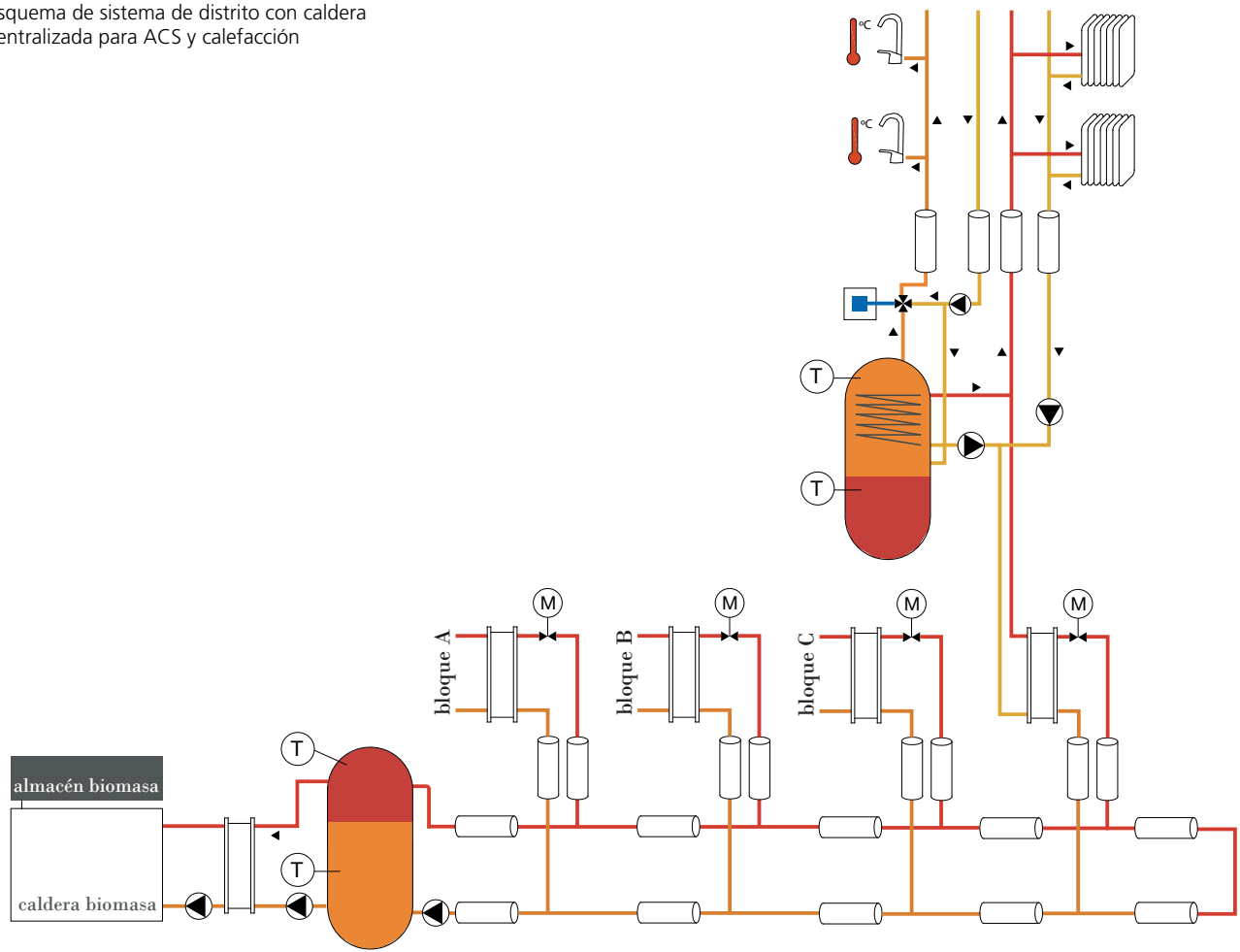
Si bien, este sistema requiere la disposición de sistemas de regulación, presenta la ventaja en el tipo de tarifa de combustible que se les aplica así como unos mejores rendimientos de funcionamiento y reducción de costes de inversión.

Sistema colectivo por barrio

Es un sistema totalmente centralizado de producción, tanto el sistema básico como los sistemas auxiliares, se lleva a cabo en una única planta y el calor se distribuye a los diferentes edificios en forma de agua caliente.

Las principales ventajas de un sistema de estas características son el ahorro de espacio en los edificios de los usuarios, la posibilidad de llevar a cabo un buen diseño

Esquema de sistema de distrito con caldera centralizada para ACS y calefacción



de la planta, así como llevar a cabo mecanismos de adecuación de la demanda que permitan maximizar la eficiencia del conjunto del sistema. En contrapartida aparece la inversión de una red de distribución por todo el barrio y las pérdidas térmicas asociadas a la misma, por ello la central debería ubicarse en un lugar lo más céntrico posible con objeto de minimizar las inversiones en la red de tubos así como minimizar las pérdidas térmicas en la distribución.

La red de barrio está compuesta por los tubos de distribución y las subestaciones de conexión de cada uno de los bloques. Los tubos de distribución son tubos especiales que van enterrados, con un gran aislamiento térmico consiguiendo una alta eficiencia de transporte de energía.

Cada uno de los bloques está conectado en paralelo a la red de calor mediante un intercambiador de calor, regulado para ajustar el caudal circulante a la demanda instantánea del bloque.

En cada edificio debe disponerse una sala de máquinas de cada bloque, en la que se sustituye la caldera por el intercambiador de la red de distrito y una red de tuberías compuesta de cuatro tubos, impulsión y retorno de calefacción, en un circuito cerrado no sanitario e impulsión y recirculación de ACS en un circuito abierto sanitario. En cada vivienda se disponen dos contadores, uno para el consumo de ACS y otro para el consumo de calefacción.

La posibilidad de realizar una propuesta con solución de barrio en lugar de una configuración independiente o por bloque pone de manifiesto las mejoras tecnológicas y de eficiencia en el comportamiento de estos sistemas, aumentando su rentabilidad. El coeficiente de simultaneidad que permite la reducción de la potencia instalada, al pasar de bloque a sistema de barrio es de 0,44.

La posibilidad de introducción de la biomasa como combustible puede reducir de manera espectacular las emisiones de gases de efecto invernadero. También tiene unas rentabilidades mayores que en los dos casos anteriores, justificando ampliamente la inversión en una solución de barrio sobre una solución por bloques o individual.

Una solución de estas características permite dejar abiertas las posibilidades de introducir diferentes tecnologías. Cabe la posibilidad ya apuntada de empleo de biomasa reduciendo drásticamente las emisiones de CO₂, de diseñarse cubriendo parte de la demanda de ACS con

energía solar térmica por bloques, o mediante motores de cogeneración o trigeneración.

A nivel económico, hay que tener en cuenta el coste de la obra civil derivada del zanjado para la distribución del sistema de tubos, el cual dependerá de la profundidad y de la posibilidad de aprovechar zanjados a realizar para la incorporación de otros servicios a la zona de actuación.

Comparativa de sistemas

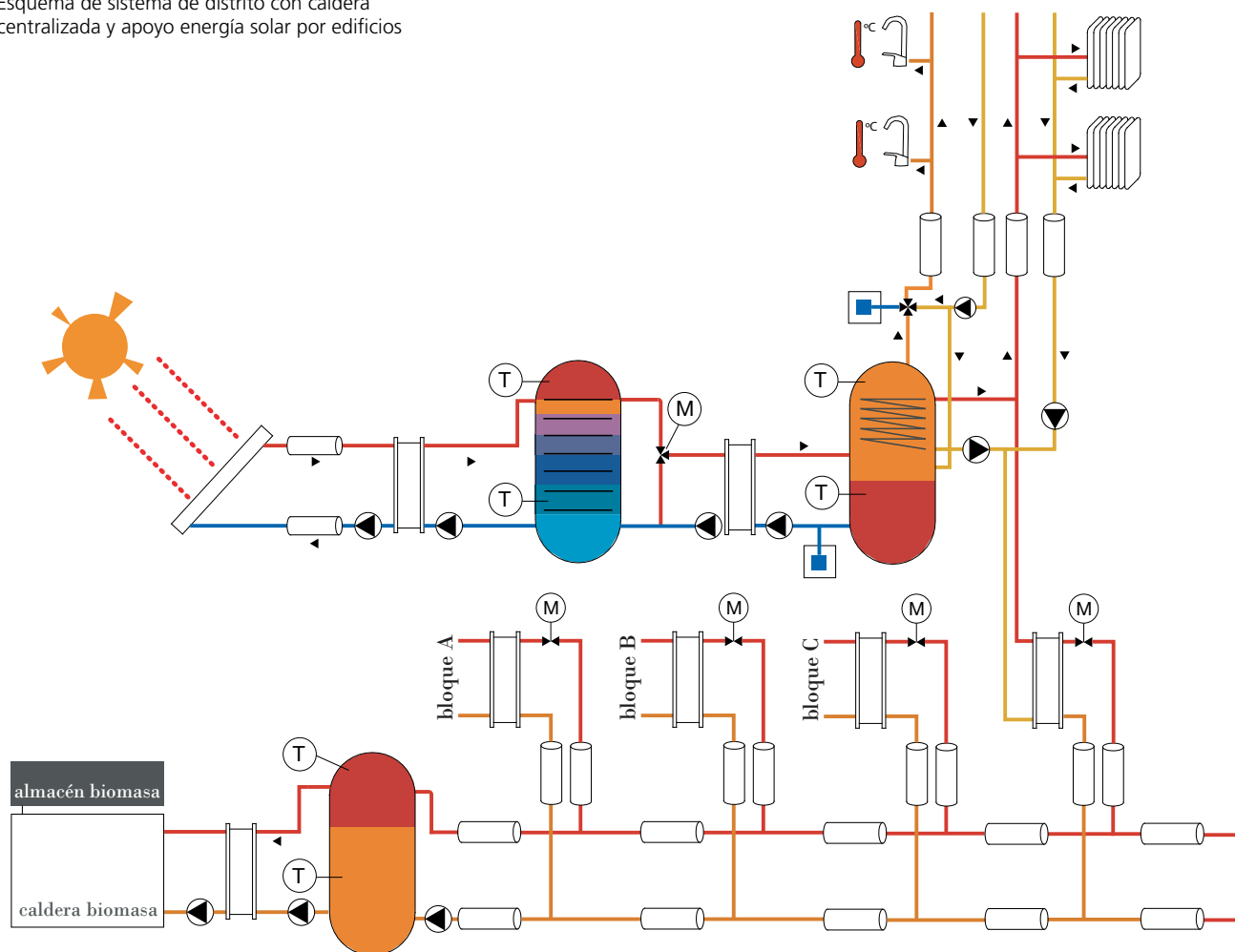
De las experiencias llevadas a cabo con sistemas centralizados, se puede afirmar que para barrios densos y con importante demanda de calefacción, la configuración de barrio supone la solución óptima por la reducción de costes y mejora de la eficiencia energética, así como por suponer una solución “abierta” que permitiría la inclusión de sistemas adicionales, o diferentes, de generación de electricidad. La regularidad de este tipo de configuraciones permite la optimización más sencilla de los sistemas de generación.

Los cálculos realizados en el estudio específico elaborado para el ámbito de Plata y Castañar nos aportan las siguientes conclusiones⁵¹.

Partiendo de un sistema individual de Energía Solar Térmica con apoyo de gas como sistema de referencia, todas las

⁵¹ “Planteamiento previo de demandas y sistema energético para el ámbito de Plata y Castañar”. Trabajo realizado por las empresas AIGUASOL Ingeniería y ALIA S.L., diciembre 2007.

Esquema de sistema de distrito con caldera centralizada y apoyo energía solar por edificios



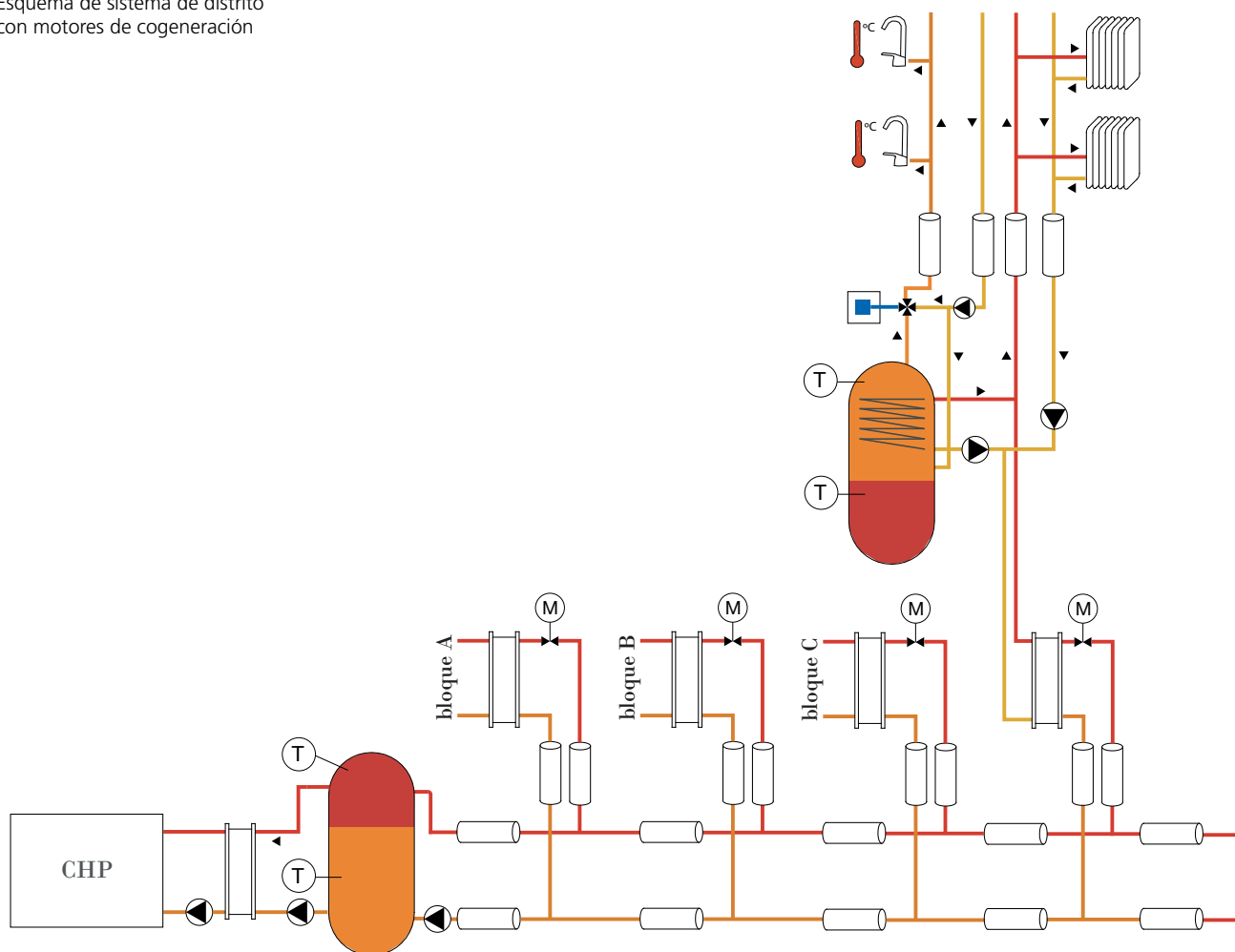
demás opciones analizadas mejoran el funcionamiento de esta instalación, tanto energética como económicamente.

Una primera optimización es pasar de una solución individualizada a una solución por bloques, en la cual se reducen los costes de inversión en un 34% así como los de operación y mantenimiento anuales en un 12%. En cuanto a las emisiones de CO₂ estas se reducen en un 15%.

El siguiente paso de un sistema individualizado a un sistema de barrio comporta unas mejoras significativas tanto a lo referente al modo de funcionamiento del sis-

tema como de reducción de costes. Comparando con el referente, el sistema de barrio de biomasa supone una reducción de costes de inversión del 60%, así como una reducción en los costes de operación y mantenimiento de entre el 42% y 53% dependiendo del tipo de biomasa a utilizar como combustible. Como parámetro significativo, se consigue una reducción del 85% en cuanto a emisiones de CO₂ se refiere. Otras soluciones de barrio con cogeneración no consiguen unas disminuciones tan drásticas de contaminación, pero si de costes, siendo la más ventajosa en costes de operación y mantenimiento por la venta de electricidad.

Esquema de sistema de distrito
con motores de cogeneración

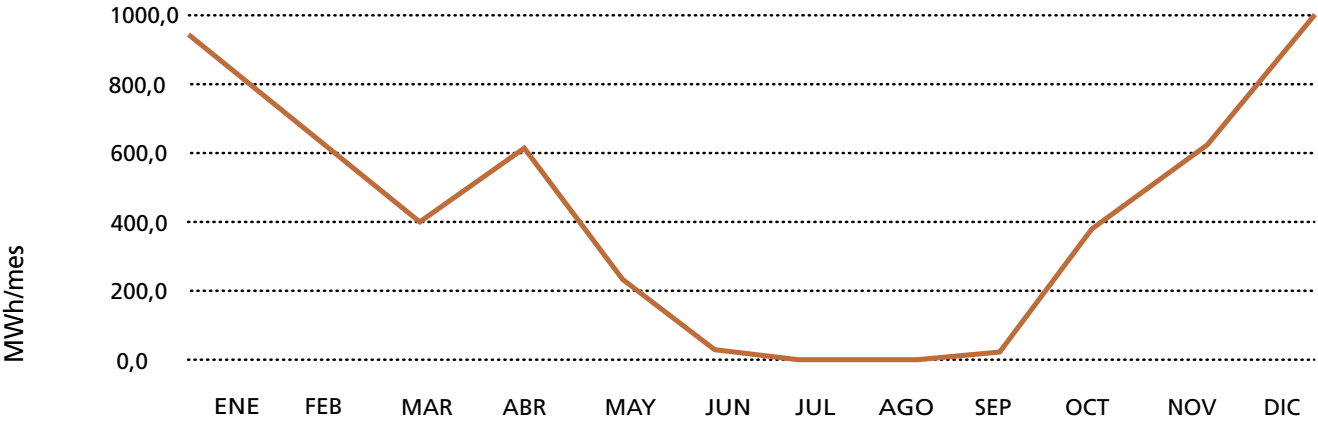


Caracterización de la demanda energética⁵²

La demanda de calor en una zona residencial es en forma de agua caliente sanitaria (ACS en adelante) y calefacción (de alta o baja temperatura). Así mismo, existe una demanda energética para cubrir las necesidades de refrigeración dada la tipología de los edificios y el clima del ámbito de actuación.

En las zonas de uso no residencial correspondiente a instalaciones deportivas, equipamiento y servicio público existe una demanda igualmente de calefacción y refrigeración adecuada al bienestar de las personas, así como de ACS, aunque con unos parámetros de consumo distintos a los correspondientes a una zona residencial.

⁵² La distribución de dicho consumo a lo largo del año se ha considerado según datos estadísticos de estudios llevados a cabo por AIGUASOL INGENYERIA para edificios de viviendas de nueva construcción en el entorno de Madrid. Así mismo, se han utilizado datos estadísticos del Instituto Nacional de Estadística, datos procedentes de edificios estudiados por Gas Natural SDG y datos procedentes del Código Técnico de Edificación. Para los criterios de temperatura de confort, se han aplicado las condiciones de diseño del RITE.



Demanda calor residencial y terciario total. Estimación para Plata y Castañar

Demanda de Calefacción

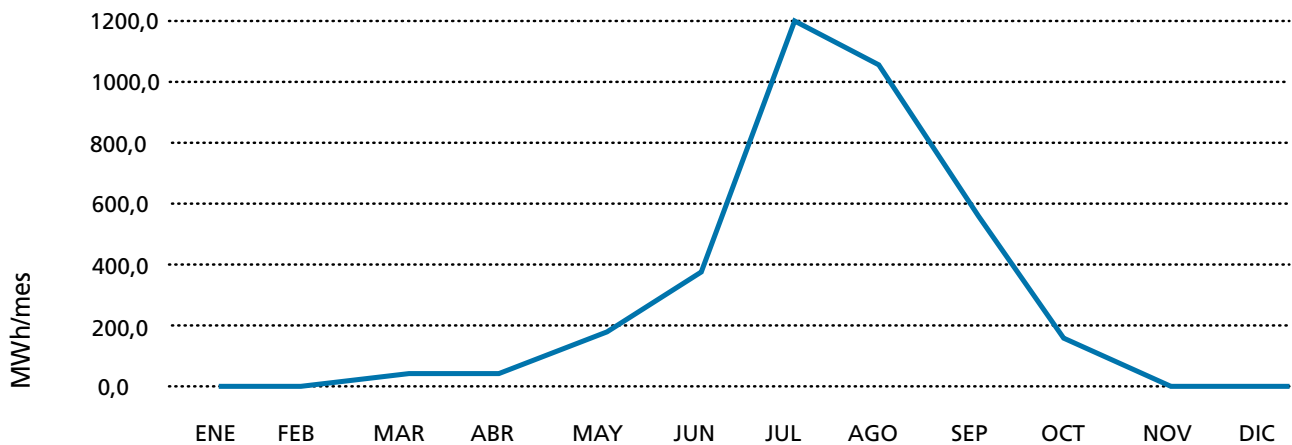
La demanda de calefacción se calcula, en primera aproximación a nivel de estudio previo de viabilidad, a partir de la estimación de energía para calefacción necesaria por metro cuadrado de vivienda y año. Teniendo en cuenta que una de las premisas de la ordenación debe ser la eficiencia energética en la edificación y que ésta se traduce en una reducción de la demanda anual de calefacción, cabe considerar una demanda anual de 40 kWh/m²·año para las viviendas y oficinas y de 90 kWh/m²·año para el resto de las instalaciones correspondientes al equipamiento. Este criterio otorgaría a las viviendas y oficinas la calificación energética D según la “Escala Calificación Edificios Nuevos” para Madrid. Para equipamiento se ha considerado 90 kWh/m²·año ya que la certificación de este tipo de edificios es una certificación comparativa en función de un edificio de referencia. Estos valores son conservadores, pero sirven de referencia para una primera cuantificación de la demanda aunque deberán ajustarse en el marco de estudios más detallados.

Las especificaciones consideradas, así como los valores de demanda para cada mes del conjunto del sector residencial y terciario están especificados en la tabla 3.11.

El factor de consumo del sector residencial se ha obtenido mediante simulación simple de edificio en Madrid con TRNSYS.

Tabla 3.11 Especificaciones y demanda de calefacción del sector residencial en conjunto

Demanda calefacción sector residencial y terciario		
Especificaciones		
Consumo base	kWh/m²·año	40
Tconf-invierno	°C	22
25	°C	25
mes	Tª ambiente	Factor de consumo
	°C	%
Enero	6,2	19,1
Febrero	7,4	14,0
Marzo	9,9	7,8
Abril	12,2	12,8
Mayo	16	4,9
Junio	20,7	0,7
Julio	24,4	0,0
Agosto	23,9	0,0
Septiembre	20,5	0,7
Octubre	14,7	7,3
Noviembre	9,4	12,3
Diciembre	6,4	20,3



Demanda mensual frío sector residencial y terciario. Estimación para Plata y Castañar

Demanda de Frío

La demanda de frío, al igual que la de calor, para este nivel de aproximación, se calcula a partir de la estimación en forma de frío por metro cuadrado de vivienda y año. Teniendo en cuenta que una de las premisas de la ordenación debe ser la eficiencia energética en la edificación y que ésta se traduce en unos criterios de construcción que reduzcan la demanda de este servicio de refrigeración, cabe considerar una demanda anual de 30 kWh/m²·año para las viviendas y oficinas y de 150 kWh/m²·año para el resto de las instalaciones correspondientes al equipamiento del distrito.

La mayor necesidad de refrigeración en el sector equipamiento por superficie, nos da como resultado una mayor demanda de energía para la refrigeración que para la calefacción.

Demanda de ACS

La demanda de ACS se calcula en función del consumo medio diario por persona y día, que dependerá del uso al que se destine cada edificio, y la temperatura de suministro.

El consumo medio de ACS se ha considerado de 35 l/pers·día y la temperatura de servicio especificada de 45°C ajustándonos a la normativa del CTE.

Tabla 3.12 Especificaciones y demanda de refrigeración del sector residencial en conjunto

Consumo frio residencial y terciario		
Especificaciones		
Consumo base	kWh/m ² ·año	30
Tconf-invierno	°C	22
Tconf-verano	°C	25
mes	Tª ambiente	Factor de consumo
	°C	%
Enero	6,2	0,0
Febrero	7,4	0,1
Marzo	9,9	0,8
Abril	12,2	0,9
Mayo	16	4,7
Junio	20,7	14,7
Julio	24,4	32,4
Agosto	23,9	28,7
Septiembre	20,5	13,9
Octubre	14,7	3,7
Noviembre	9,4	0,1
Diciembre	6,4	0,0
TOTAL		MWh/año

Tabla 3.13 Factor de consumo de ACS y temperatura del agua de red para cada mes

mes	Factor de consumo	Red	mes	Factor de consumo	Red
	%	°C		%	°C
Enero	11	6	Julio	10	14
Febrero	8	7	Agosto	21	13
Marzo	3,5	9	Septiembre	-8,5	12
Abril	8,5	11	Octubre	-6	11
Mayo	3,5	12	Noviembre	2	9
Junio	2	13	Diciembre	7	6

La variación de la demanda estadística se representa mediante un factor de consumo especificado para cada mes del año. Los datos estadísticos utilizados están representados en la tabla 3.13.

El consumo total se calcula en función del número total de personas que habitan el ámbito para lo que se puede considerar para el sector residencial una tasa de 1 ocupante cada 30m², que se corresponde con el valor medio de ocupación del Censo de Edificación 1991-2000 del INE y de 1 ocupante cada 20m², para el sector equipamientos.

3.4.4 Red urbana de captación y producción de energía eléctrica: energía solar fotovoltaica para el vertido a la red o consumo directo en espacios y servicios públicos

Madrid tiene una situación geográfica privilegiada para aprovechar la Energía Solar Fotovoltaica. Es una energía limpia, con equipos de fácil instalación y con una vida útil prolongada, que además se integra perfectamente en el ambiente urbano. La tecnología actual permite que prácticamente cualquier edificio o espacio público controlado, pueda convertirse en una pequeña central

Buenas prácticas

- + Potenciar la implantación de sistemas centralizados de gran escala (barrio) frente a los individuales o no centralizados.
- + Fomentar la incorporación de energías renovables como sistemas complementarias y de apoyo a estas redes centralizadas.
- + Recuperar densidades y valores de compacidad que faciliten la implantación de estos sistemas acortando los recorridos en la distribución.
- + Siempre que sea posible quemar combustibles no fósiles como pellets, astillas de madera, residuos agrícolas (cáscara de almendra, hueso de uva, aceituna, melocotón, etc.).
- + Promover arquitectura bioclimática que demande menos energía de calefacción y refrigeración.

Sistema de energía solar fotovoltaica



generadora de electricidad. En la escala urbana se aumentan las posibilidades de captación y eficiencia. Las energías renovables en tanto que fuentes energéticas autóctonas e inagotables permiten reducir la dependencia energética exterior contribuyendo a mejorar el balance energético urbano. El aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica está especialmente indicado en los espacios urbanos.

Existen dos vías principales para el aprovechamiento de la radiación solar:

- + Energía Solar Térmica
- + Energía Solar Fotovoltaica

El aprovechamiento de la Energía Solar Térmica de la que ya se ha hablado en el capítulo anterior, ha recibido un gran impulso con la reciente aprobación del Código Técnico de la Edificación, pudiéndose mejorar todavía su aprovechamiento a escala urbana. Como se describía anteriormente, los colectores solares, se pueden vincular a las centrales térmicas de producción de calor como sistema de apoyo en el calentamiento del agua. La cantidad de energía que el Sol vierte diariamente sobre la Tierra es diez mil veces mayor que la que se consume al día en todo el Planeta. España está favorecida por su situación geográfica y climatología para aprovechar este tipo de energía. En particular en la Comunidad de Madrid la radiación media es del orden de 1.600 kWh/m² año.

La energía solar fotovoltaica consiste en la transformación directa de la radiación solar en energía eléctrica. Esto se consigue aprovechando las propiedades de los materiales semiconductores mediante las células fotovoltaicas. El material base para su fabricación suele ser el silicio. Cuando la luz del Sol (fotones) incide en una de las caras de la célula genera una corriente eléctrica que se suele utilizar como fuente de energía.

Una instalación solar fotovoltaica tiene como objetivo producir energía eléctrica a partir de la energía solar. Principalmente existen dos tipos de instalaciones: las de conexión a red, donde la energía que se produce se utiliza íntegramente para la venta a la red eléctrica de distribución, y las aisladas de red, que se utilizan para autoconsumo, ya sea una vivienda aislada, un bloque o un barrio, una estación repetidora de telecomunicación, bombeo de agua para riego, etc.

Instalaciones conectadas a la red eléctrica

La corriente eléctrica generada por una instalación fotovoltaica puede ser vertida a la red eléctrica como si fuera una central de producción de energía eléctrica. El consumo de electricidad es independiente de la energía generada por los paneles fotovoltaicos, el usuario sigue comprando la energía eléctrica que consume a la compañía distribuidora al precio establecido y además es propietario de una instalación generadora. Este tipo de



Sistema de energía solar fotovoltaica integrado en el alumbrado público

aplicaciones está creciendo gracias al precio primado de venta a la red del kWh (RD 661/2007 referente a la venta de electricidad en Régimen Especial y RD 1578/2008 de retribución de la energía eléctrica fotovoltaica para instalaciones posteriores a fecha RD 661/2007). Además, otro condicionante clave es que las compañías eléctricas están obligadas a comprar la energía producida por métodos renovables. Generará por tanto un superávit para la comunidad de propietarios que podrá realizar labores de mantenimiento, reparación, y renovación de las instalaciones del inmueble buscando el ahorro y la eficiencia de sus equipos. Las potencias más usuales son de 2,5 y 5 kW, o múltiplos de 5 hasta 100 kW. Existen instalaciones mayores, pero tienen una prima inferior por lo que sólo las realizan empresas o centros de investigación, ya que se amortizan en periodos más largos.

Algunas de las aplicaciones de estos sistemas son las siguientes:

+ Instalaciones en tejados, terrazas, etc. de viviendas, bloques o barrios, que dispongan de conexión a la red de distribución eléctrica: Se aprovecha la superficie del tejado para colocar sistemas modulares de fácil instalación.

+ Plantas de producción: Son aplicaciones de carácter industrial que pueden instalarse en zonas rurales no aprovechadas para otros usos ("huertas solares", "cooperativas energéticas") o sobrepuestas en grandes cubiertas de zonas urbanas (aparcamientos, zonas comerciales, etc.)

+ Integración en edificios: Consiste en la sustitución de elementos arquitectónicos convencionales por nuevos elementos arquitectónicos que incluyen el elemento fotovoltaico, y que por tanto son generadores de energía (recubrimientos de fachadas, muros cortina, parasoles, pérgolas, etc.) brindando múltiples soluciones funcionales, estéticas y que generan energía limpia.

+ Queda pendiente el estudio de las instalaciones solares para la generación de frío, muy aconsejables ya que se producen los máximos de insolación y de demanda, y que ya están siendo utilizados experimentalmente. Es una de las aplicaciones de la energía solar con mayor perspectiva de futuro.

Instalaciones aisladas de la red eléctrica

Estas instalaciones se emplean sobre todo en aquellos emplazamientos en los que no se tiene acceso a la red eléctrica y resulta más económico instalar un sistema fotovoltaico que tender una línea entre la red y el punto de consumo. La electricidad generada se destina a autoconsumo. Las principales aplicaciones de los sistemas aislados son:

- + Electrificación de viviendas y edificios, principalmente para iluminación y electrodomésticos de baja potencia
- + Alumbrado público
- + Aplicaciones agropecuarias y ganaderas
- + Bombeo y tratamiento de agua
- + Antenas de telefonía aisladas de la red
- + Señalización y comunicaciones



Placas fotovoltaicas integradas en fachada

Se estima que para producir el equivalente al consumo de energía doméstico de una familia se suele requerir entre 1 kWp y 4 kWp, en función de los distintos hábitos de consumo. Costes orientativos para instalaciones conectadas a red: 6€/Wp para instalaciones de 100 kW, y 6,7€/Wp para instalaciones de 5 kW.

Desde el planeamiento no se deben olvidar las ventajas de la escala urbana para la implantación eficiente de redes de obtención de energía eléctrica fotovoltaica a gran escala, integradas en los edificios públicos, los espacios libres, los parques y los elementos de mobiliario urbano, tal y como ya se está haciendo en numerosos países europeos (sobre todo Alemania, Reino Unido, Holanda y Francia)⁵³.

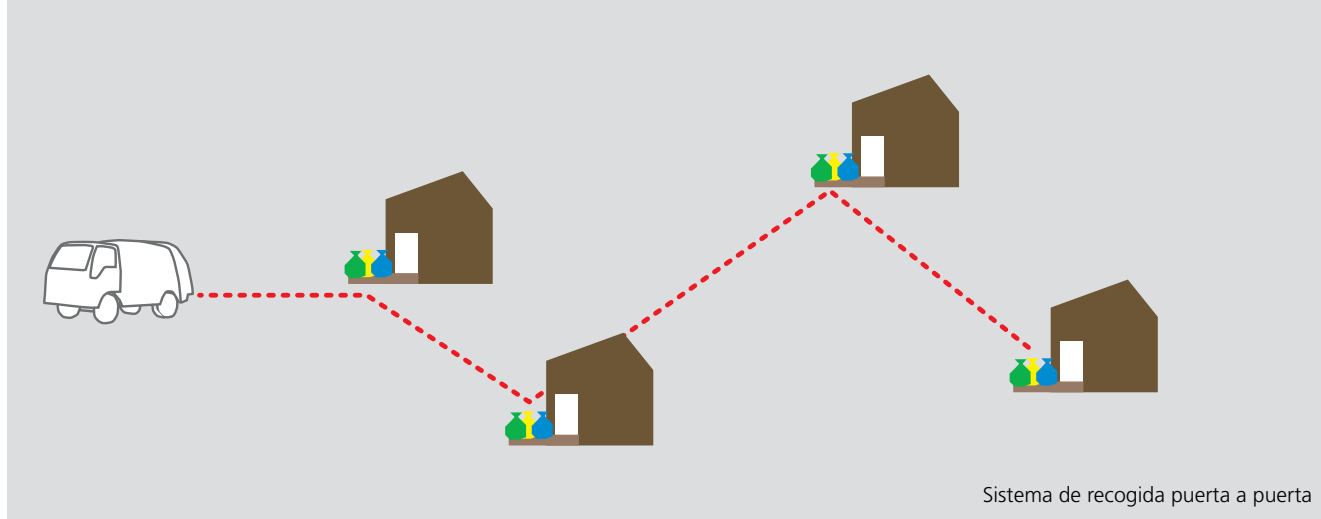
Relativo a la planificación solar, queda mucho por hacer. El Plan de Uso Sostenible de la Energía y Prevención del Cambio Climático de la Ciudad de Madrid (2008) propone importantes acciones en la escala arquitectónica y urbana al objeto de mejorar la eficiencia de la ciudad y de reducir las emisiones contaminantes. Una referencia interesante son los planes solares alemanes, que resultan ser una herramienta muy eficaz en la que se están haciendo importantes esfuerzos en localidades con un aprovechamiento solar considerablemente más pequeño que el de cualquier ciudad española. Ni toda la ciudad es homogénea morfológica o tipológicamente, ni presenta el mismo estado de conservación, ni tiene los mismos requerimientos energéticos, de calefacción, agua caliente

o electricidad. El Solar Urban Master Plan, propuesto en las ciudades alemanas de Berlín y Gelsenkirchen, es una herramienta de planificación que ayuda a diferenciar las zonas urbanas que presentan un mayor potencial para acoger las instalaciones de energía solar frente a otras. Por otro lado, ofrece un interesante detalle a los arquitectos y urbanistas, ya que establece rangos de orientación, separación de fachadas según orientación, cálculo de sombras arrojadas, etc; y otras recomendaciones generales de diseño eficaces en la escala urbana. Supone una herramienta muy útil, aunque conlleva un laborioso proceso de ejecución, debido a la gran cantidad de factores que se han de considerar.

Una de sus principales aportaciones está en la segmentación de la demanda energética según los usos del suelo urbano, algo evidente pero que suele no ser considerado en la escala urbana. Las nuevas zonas terciarias, comerciales e industriales se convierten en zonas de altísima prioridad para la instalación de estos equipos. Actualmente la incorporación de la energía solar fotovoltaica en la ciudad tiene que pasar necesariamente por un nuevo diseño edificatorio y urbano, donde las células de silicio sean un componente familiar, útil y versátil para ir encontrando soluciones innovadoras en cada espacio de la ciudad.

El alumbrado público es la instalación vinculada a espacios públicos más susceptible de conseguir su autonomía

⁵³ "Aplicación de la Energía Solar Fotovoltaica desde la Escala Urbanística", Seminario- taller organizado por la Universidad Politécnica, Área de Gobierno de Urbanismo y Vivienda, 2008.



energética. Esto se puede alcanzar en pequeñas instalaciones, generando la electricidad en los mismos puntos de consumo, pero lo óptimo, es desarrollar una red general de captación solar fotovoltaica dentro del conjunto urbano. En el balance energético de la actuación, la captación solar fotovoltaica podrá asumir holgadamente entre otros, el consumo que supone la iluminación de los espacios públicos.

3.4.5 Red de recogida selectiva y transporte neumático de basuras

Los residuos sólidos urbanos son sin duda un problema medioambiental pero también se han convertido en un

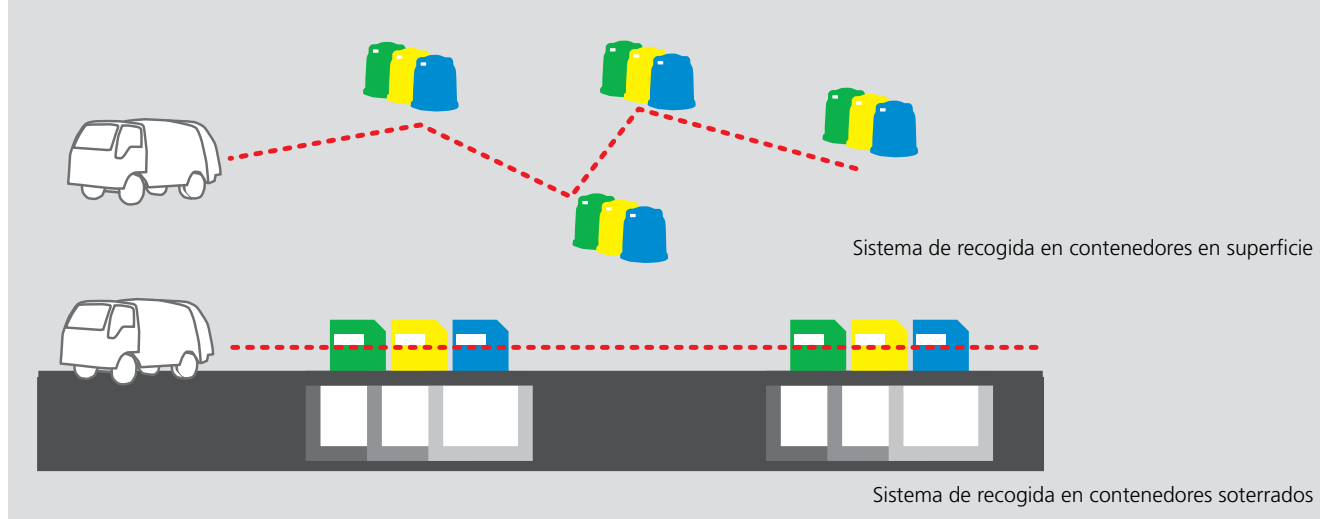
negocio muy lucrativo. Se hace necesario modernizar la gestión de lo que a partir de ahora deberíamos llamar recurso y sistematizar el proceso desde su origen.

El grado de desarrollo de un país también se puede medir por la basura que genera. En los países más desarrollados la fracción mayor es la de papel y cartón seguida de la materia orgánica, mientras que en los países menos desarrollados la fracción de materia orgánica puede llegar a las tres cuartas partes del total.

En España actualmente se recogen entorno a 1,3 kg de basura por habitante y día. Madrid (Comunidad Autónoma) supera ya los 1,5 kg, cuando en 1996 se generaban

Buenas prácticas

- + Confección de mapas solares que jerarquicen el potencial solar de las diferentes áreas urbanas.
- + Potenciar la implantación de redes de captación y vertido a la red, de energía eléctrica procedente de la producción en paneles solares fotovoltaicos.
- + Vincular el consumo de la red de alumbrado público, a la producción de energía solar fotovoltaica dentro del área urbana a la que sirve en el detalle de su balance energético.
- + Fomentar también las actuaciones de pequeña escala de pequeños consumidores, con captadores fotovoltaicos vinculados a esos puntos de consumo (paneles, kioscos, farolas etc.)
- + Promover soluciones arquitectónicas que favorezcan las condiciones geométricas y de volumen que permiten la implantación de paneles solares fotovoltaicos.



1,06 kg. En España solo se recuperan el 11,5 % de los residuos y llama la atención que en vidrio, solo se recupera el 4,2 % de los envases domésticos.

La recogida selectiva de residuos sólidos urbanos implantada de forma generalizada en las ciudades con importantes beneficios medioambientales y también económicos, hace necesario sistematizar el proceso desde su origen, evitando la ocupación del espacio público por diferentes contenedores, origen de suciedad, olores, degradación del paisaje, barreras a los peatones así como el ruido de circulación de camiones de recogida en horario nocturno. Los sistemas de recogida existentes son siguiendo la clasificación de S. Rueda⁵⁴:

- + Sistema puerta a puerta
- + Sistema de recogida en contenedores en superficie
- + Sistema de recogida en contenedores soterrados
- + Sistema de recogida neumática (buzones en edificios o en vía pública)

La recogida neumática sería el sistema que eliminaría de un modo más eficaz los efectos negativos sobre el espacio público, y supondría un ahorro aproximado para la administración del 30% en el coste de recogida tradicional sin embargo es un sistema más costoso de ejecución, complejo y con una demanda energética asociada a la necesidad de impulso de residuos a través de tuberías mediante aire a presión hasta una depósito de almacenamiento y transferencia al que accederían los camiones de recogida.

No se ha realizado por el momento una cuantificación en términos energéticos y ambientales de los diferentes sistemas, S.Rueda establece una tabla que sintetiza ventajas e inconvenientes de cada caso que puede ser útil en la selección del sistema a implantar. En cualquier caso no se puede hablar de un modelo universal sino que en cada actuación habrá que adaptarse a las características de la zona (nuevo desarrollo, ciudad existente), y a los objetivos de gestión a nivel municipal.

Un sistema intermedio, entre la recogida de contenedores y el sistema neumático, sería el de los buzones soterrados, que eliminarían gran parte del impacto sobre espacio público aunque mantendrían la recogida de camiones por todas las calles.

Red de recogida selectiva con transporte neumático de basuras

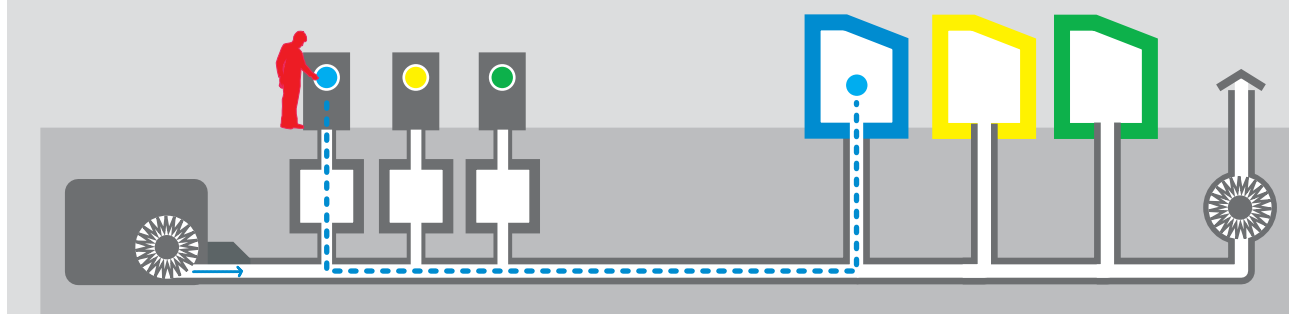
Morfología

Su estructura es de red ramificada, en la que sus terminales pueden encontrarse en el espacio público o dentro de los propios edificios. Su radio de acción medio es de aproximadamente entre 1,5 y 2,5 km.

Descripción del sistema

Se aprovecha la fuerza neumática de aspiración producida por unas turbinas centrales, que permiten transportar

⁵⁴ Op. cit. at 47.



Sistema de recogida neumática con buzones en vía pública

los desperdicios desde los buzones situados en los edificios o en la vía pública, hasta una estación de acumulación cercana o que puede disponerse a varios kilómetros de las zonas de producción.

Elementos del sistema

La red primaria, está constituida por la Central colectora, las tuberías principales (que suelen coincidir con los viales de primer orden) las intersecciones con la red secundaria, que normalmente se realizarán en zanjas por lo que es preciso mantener las conexiones dentro de arquetas.

Los buzones pueden estar situados dentro de los edificios o en espacio público, con válvulas de seccionamiento y de admisión de aire que irán alojadas en sus correspondientes cámaras, y los registros en arquetas.

Los tubos de transporte, suelen tener un diámetro de 500 mm y un espesor de pared de 5 a 25 mm, discutiendo enterrados a profundidades entre 1 y 3 metros en función de la topografía. Esta cota, condicionará la capacidad de almacenamiento de los buzones, si estos se encuentran en espacio público. La velocidad de la basura estará entorno a los 75 km/h.

Las basuras se depositan en los buzones, que han de disponer de espacio de almacenamiento de los residuos hasta que el ciclo correspondiente las recoja, una válvula

la impide la caída de las basuras en la red de tuberías. Cuando se ejecuta un ciclo, la válvula se abre y las basuras caen en las tuberías y son aspiradas por la corriente de aire generada por la succión de los turboextractores. En el extremo de cada ramal se dispondrá de una válvula que regula la entrada de aire en el sistema. Al final del recorrido el aire es filtrado y desodorizado antes de ser expulsado a la atmosfera.

La basura que va llegando a la central, es descargada sucesivamente en el compactador, que la prensa y la introduce en contenedores, en los cuales se transporta en camiones para su procesamiento en la central de tratamiento y vertedero.

Reserva de espacios en la ordenación

La central de recogida no tiene porqué estar vinculada a una ordenación concreta, dado el coste de la inversión su alcance puede ser mayor. En consecuencia, el suelo habilitado a este efecto se localizará en una zona alejada de los espacios habitados estudiando futuras visuales, vientos dominantes etc, el tamaño puede oscilar entre los 2000 y los 10000 m² dependiendo del tamaño de la red y del tipo de operaciones que se quieran realizar en la central. Sirva de ejemplo en este sentido, la central de recogida de la Villa Olímpica de Barcelona que se ubica de manera compacta en un edificio de 15x20 metros en planta y 8 m de altura.

Aspectos destacables del sistema

El sistema presenta aspectos destacables respecto a las soluciones convencionales. Estos aspectos son los siguientes:

- + Resolución de la recogida selectiva en origen y en destino de los residuos, cumpliendo las leyes vigentes.
- + En origen se resuelve disponiendo buzones de recogida diferenciados. En destino, con un dispositivo que permite dirigir la fracción seleccionada hacia una u otra línea de contenedores. Se puede disponer pues de varias líneas de contenedores, una para cada fracción diferenciada a recoger con carácter selectivo, siendo posible dotar al sistema de recogida de diferentes fracciones, incluido el vidrio.
- + La instalación puede ser comandada por sistemas de control de forma automática y programada o de forma manual.
- + El sistema se complementa con la recogida selectiva en destino.
- + Se podría contemplar la posibilidad de instalar por terceros, buzones con pretratamiento de residuos voluminosos en zonas dotacionales (docente, deportivo, estación de ff.cc, etc.) generadoras de residuos sólidos voluminosos. El pretratamiento se compondría de una trituración y compactación previa. Esto permitiría un tratamiento previo de embalajes, cartón, etc.

Buenas prácticas

- + Recomendable estudiar la implantación de un sistema de recogida selectiva y transporte neumático de basuras en nuevos desarrollos.
- + Para optimizar la inversión y funcionamiento de la central de recogida conviene que esta sirva a varias actuaciones de tal modo que los ciclos de recogida vayan rotando por todas ellas.
- + En el diseño se ha de cuidar la capacidad de almacenamiento de los puntos de recogida, de tal forma, que sea coherente con los ciclos de recogida.
- + En origen se deben pretratar residuos voluminosos mediante trituración y/o compactación.
- + Como en todas las redes anteriores su central, consumidora de energía, debe dotarse de producción de apoyo de energías renovables de tal forma que se garantice su mayor autonomía energética posible.



Parque de la Gavia

3.5 Criterios relativos a los espacios libres y las zonas verdes

Las estrategias bioclimáticas relacionadas con el sistema general de zonas verdes y espacios libres es el eje fundamental que debe articular cualquier ordenación con criterios ambientales. Se pueden resumir las siguientes tendencias como principales en este momento, para su diseño ambientalmente adecuado⁵⁵:

1. La importancia de **lo social**, considerando el sistema como un espacio para todos y garante de la calidad de vida de la ciudad. Localizadas estratégicamente de forma que sirvan de corazón y nexo de actividades y relaciones.
2. La vinculación de nuevas **actividades** relacionadas con los usos recreativos, el ocio, lo deportivo y lo cultural, para el tiempo libre cada vez más grande de la población urbana.
3. Énfasis en la recuperación de la **biodiversidad** de cada lugar específico, con especial atención a las especies autóctonas. Cada soporte "tiene como un código genético que es necesario conocer para intervenir" (Sabaté, 2000).
4. La ampliación o extensión del sistema más allá de la ciudad existente o prevista, hacia el territorio peri-urbano,

estableciendo unos nuevos **vínculos con el territorio circundante**, (con corredores, parques lineales, etc..) de toda la sociedad.

3.5.1 Criterios de diseño del sistema en red

No son solo criterios cuantitativos sino también cualitativos los que deben guiar el diseño del sistema de zonas verdes y espacios libres urbanos.

Es importante en primer lugar que constituyan una red. Esto significa que todos los espacios se encuentren relacionados unos con otros, bien con zonas verdes secundarias de trazado lineal o con corredores específicos o simplemente calles con una importante presencia de la vegetación.

Los beneficios de la concepción en red son múltiples: beneficios ambientales (fauna, biodiversidad, canalización de vientos) y sociales (soporte para los recorridos peatonales y ciclistas) además de permitir una gestión sostenible de las aguas de lluvia.

En este sistema es fundamental considerar como factor clave en el diseño la topografía natural del terreno, disponiendo las zonas verdes de mayor tamaño en los suelos más deprimidos, respetando en la mayor medida el drenaje natural del terreno e interconectada con los espacios verdes exteriores.

⁵⁵ En el libro "Elementos de Ecología Urbana". Editorial Trotta. Virginio Bettini et al.. página 341 se aborda el estudio y diseño de las zonas verdes con criterios de sostenibilidad.



Proyecto Madrid Río

Sin embargo esta concepción en red, no debe ir en detrimento de la aparición del parque de barrio por un exceso en la dispersión de las zonas verdes, ya que el parque de barrio presenta los beneficios de mejorar paisajísticamente el entorno urbano y permitir actividades de ocio y deportivas próximas a la vivienda.

Se podría recomendar concebir parques de barrio, a partir de ámbitos superiores a 1.500 viviendas. El parque de barrio en la ciudad existente, tendría una superficie entre 10.000 y 15.000 m².

También es importante diseñar las zonas verdes como espacios especializados para el esparcimiento⁵⁶ con una superficie suficiente, acorde a su fin, vinculadas a los usos residenciales, con el objetivo fundamental de satisfacer las necesidades cotidianas de la población, concibiéndose estos espacios como núcleos de una nueva centralidad vecinal.

Deberá de promoverse ante todo la diversidad frente a la estandarización: Diversidad de ambientes, jerarquizados y desarrollando múltiples funciones.

Se pueden encontrar variadas referencias en cuanto a tipologías de espacios libres, resultando de interés aportar por su aplicación directa a la ciudad de Madrid, la clasifi-

cación del PGOU97, complementada por la IVP en cuanto a espacios de menor escala, más asociados a tránsito peatonal, y la clasificación de ambientes urbanos establecida en la “Guía de vegetación para ambientes urbanos” publicada por la EMVS y que se particulariza en función de la tipología del tejido urbano en que se inserta.

Aunque no constituye el resultado de trabajos aplicados al municipio madrileño, también supone una referencia interesante la tipología de espacios propuesta por Salvador Rueda, en el Plan Especial de Indicadores para Sevilla y la clasificación incorporada por uno de los ecobarrios analizados en el capítulo 2 que destaca por la atención prestada hacia estas cuestiones. (Ver tabla 3.1.4)

3.5.2 Diseño de zonas verdes que se adecuen a las nuevas demandas de ocio de la población madrileña

Será necesario que el diseño de las zonas verdes tenga en cuenta la población potencialmente usuaria y sus necesidades y aspiraciones, de forma que se consiga crear un espacio que cubra las necesidades de sus usuarios pero sin comprometer la sostenibilidad de la zona verde. Entre las funciones a tener en cuenta se considerará las funciones lúdica, cultural o educativa y ecológica⁵⁷ dependiendo del papel que cumpla en el sistema municipal de zona verdes.

⁵⁶ Espacios de encuentro, de socialización, participación, deporte, juego, ...

⁵⁷ La primera está bastante ligada a los usos deportivos de los parques y no sólo tradicionales, realizados en pistas deportivas, sino los nuevos deporte de riesgo o aventura que van emergiendo (tirolinas, escalada, piragüismo). La función cultural o educativa equipa a los parques con planetarios, auditorios de música y la última, ligada también a la educación pero con fines meramente ambientales demanda de los parques centros de interpretación ambiental, arboretos, observatorios de fauna, etc...

Tabla 3.14 Tipologías de espacios libres

PGOUM 97/ IVP	“Guía de vegetación para ambientes urbanos” EMVS	PE Indicadores de Sostenibilidad Ambiental de Sevilla (S.Rueda)	Propuesta ecobarrio Kronsberg
· Zona verde Singular: Parque metropolitano Parque urbano	· Parques urbanos · Parques deportivos · Paseos fluviales	· Parque fluvial · Espacio forestal · Area de ocio temática · Parque metropolitano (>10 has) · Parque urbano (1-10 Has)	
· Zona verde básica: · Itinerarios peatonales principales: · Áreas estanciales: Bulevares Aceras>6 m. Sendas, plazas, calles peatonales. Ámbitos ajardinados. Calles de prioridad peatonal.	· Parques pertenecientes al tejido urbano · Patio de parcela · Avenidas · Plazas	· Parques y jardines 1Ha-5.000 m² · Parques y jardines 1.000-5.000 m² · Espacios interiores de manzana · Espacios exteriores de manzana · Plazas · Bulevares, paseos y ramblas	· Parques vecinales · Plazas centrales · Avenidas arboladas · Sistemas de retención agua de lluvia

En grandes parques se considera de especial relevancia, dotarles de significación, de una temática que inspire su diseño, sus elementos de ornato, así como los usos o equipamientos a albergar.

Se considera especialmente relevante la zonificación del parque, creando diferentes espacios para el paseo, el descanso, juegos, áreas contemplativas y zonas donde se resalte el interés estacional de las distintas plantaciones, etc. También se deber conceder especial importancia al diseño de la red de caminos y sendas interiores del parque, se deberá asegurar que cumplan con la función de acceso e intercomunicación entre las distintas partes del mismo y permitir recorridos entre usos y actividades exteriores al mismo.

3.5.3 Acondicionamiento climático de espacios abiertos

El diseño de los espacios abiertos y las zonas verdes deberán considerar de forma especial la mejora de las condiciones microclimáticas a través del soleamiento y de los vientos dominantes, de la utilización de los materia-

les más apropiados y del uso de la vegetación y del agua como reguladores térmicos.

En la distribución de los espacios libres urbanos es imprescindible considerar los factores de viento y soleamiento ya que estos condicionan el bienestar y uso posible de los mismos. Debido a la caracterización climática madrileña, con un clima extremo de inviernos fríos y veranos muy calurosos y secos, el diseño de espacios libres debe compatibilizar las necesidades de soleamiento en el periodo comprendido entre los meses de Octubre y Marzo, con las necesidades de sombra de los meses de verano.

La estrategia más necesaria para lograr el confort térmico de los espacios abiertos, va a ser que estén expuestos a radiación solar. Factor que va a ser determinante frente al resto y que en muchos casos será el que establecerá la mejor localización de los espacios abiertos y su mayor uso.

Los espacios libres deben estar también resguardados de los vientos predominantes en invierno y ventilados en



Protección solar con árboles de hoja caduca y copa espesa. Parque del Oeste



Paseo cubierto de pérgolas con trepadoras. Tres Cantos (Madrid)

verano. Si no es posible compatibilizar ambas situaciones, es mejor establecer espacios con actividades diferenciadas por estaciones.

Se deberán emplear técnicas naturales de acondicionamiento de espacios exteriores: soleamiento invernal, refrigeración pasiva mediante sombreado, utilización de pavimentos fríos, enfriamiento evaporativo de fuentes, etc. Estas técnicas tienen un efecto directo sobre la temperatura del aire, las temperaturas superficiales y la humedad. La refrigeración mediante el sombreado implica una adecuada disposición del arbolado:

+ Para la protección solar son aconsejables árboles de hoja caduca y copa espesa.

+ Seleccionar las especies arbóreas más apropiadas, teniendo en cuenta la altura en su madurez, la forma de su copa, las variaciones estacionales de su follaje y la densidad de las ramas (la penetración del sol en invierno puede variar entre 20% y el 85% entre especies).

+ En paseos muy transitados, en parques o bulevares, es recomendable la utilización de pérgolas con trepadoras caducifolias, ya que se consiguen sombras densas en un breve periodo de tiempo.

+ En cuanto al arbolado de alineaciones, se pueden plantear soluciones asimétricas en función de las orientaciones. Se deben plantar los árboles de mayor altura al lado sur de las calles y los más pequeños al norte.

+ Se deberá potenciar la utilización de láminas y corrientes de agua en los elementos que configuren la red de espacios libres, principalmente en los espacios que cuenten con mayor afluencia de personas, de forma que se facilite la evaporación y la refrigeración del aire circulante. Además de incorporar pavimentos porosos en la urbanización, por sus condiciones de absorción de la radiación solar y su baja temperatura, de forma que se favorezca el comportamiento térmico del suelo.

3.5.4 Selección de especies vegetales

Se tratará de realizar la selección de especies a utilizar en los proyectos de ajardinamiento de forma que se compatibilice la estética y calidad del paisaje con los condicionantes climáticos y edafológicos, utilizando como referentes en la selección de especies el Manual de Criterios de Sostenibilidad en el Diseño de Zonas Verdes Urbanas y el Manual de Criterios de Sostenibilidad en el Mantenimiento de zonas verdes urbanas, elaborados por la Dirección de Servicios de Parques y Jardines del Área de Medio Ambiente del Ayuntamiento de Madrid.



Vegetación autóctona adaptada. Jardín del Museo del Traje (Madrid)



Uso de materiales inertes. Jardín del Museo del Traje (Madrid)

Como primer requerimiento de eficiencia en ámbitos de planeamiento se plantea la integración de la vegetación existente en las zonas verdes o en su caso en espacios libres de parcela, además de la utilización de la vegetación autóctona o adaptada, ya que presenta beneficios en cuanto a mantenimiento y adaptación al medio y propicia la aparición de fauna autóctona vinculada a ella.

Otro aspecto relevante en la selección de especies vegetales, es su posible función fijadora de partículas y contaminantes atmosféricos. Un reciente estudio de la Universidad de Sevilla⁵⁸ destaca la importancia de la vegetación en la lucha contra el cambio climático, actuando como sumideros de CO₂ y analiza el comportamiento de diferentes especies.⁵⁹

3.5.5 Optimización de las necesidades hídricas de las zonas verdes

Se deberá ahorrar en el consumo de agua de riego de las zonas verdes desde la conformación de la red de drenaje, las pendientes del terreno, la selección de especies vegetales y la red de riego a utilizar.

+ Las composiciones vegetales se realizarán con especies vegetales de necesidades hídricas similares.

+ Se limitará al máximo la superficie de césped, independientemente de que se utilicen mezclas de bajas necesidades hídricas, por el consumo energético que implica su mantenimiento.

+ Las zonas ajardinadas con necesidades hídricas medias y altas podrán sustituirse total o parcialmente por el uso de materiales inertes -gravas de diversas granulometrías y cromatismos o en su defecto materiales prefabricados -debiéndose de considerar como un elemento más a integrar en la composición general de los espacios ajardinados, potenciándose por tanto su fuente de diversidad textural y cromática.

+ Las dotaciones de riego a solicitar serán siempre inferiores a las establecidas por la Ordenanza de Gestión y Uso Eficiente del Agua que determina una dotación diaria máxima de 1,8 litros/m² y de 2.500 m³/ha.

+ El sistema de drenaje de las zonas verdes evitará que las aguas pluviales y los sobrantes de riego se envíen a

⁵⁸ "Los sumideros naturales de CO₂" Universidad de Sevilla, Ed. Muñoz Moya, 2007.

⁵⁹ Mediante analizadores de gas por infrarrojos, observando que la camelia, acacia de tres espinas y el olmo son las especies que más CO₂ absorben mientras que la catalpa, el ciruelo japonés estarían en la situación opuesta. Entre las especies forestales más ecoeficientes estarían el alcornoque, pino carrasco y piñonero.



Camino de grava reforzada entre superficies vegetadas. Parque Gomeznarro (Madrid)

la red de saneamiento. Deberá diseñarse de forma que este agua sirva de apoyo para el riego y como recarga de acuíferos tal y como se explicado en el capítulo 3.4 sobre sistemas de drenaje sostenible.

+ Las zonas con desnivel importante se deben aterrizar para que el agua se mantenga en la superficie el tiempo suficiente y no se pierda por escorrentía.

+ Cuando sea posible, se deben sustituir pavimentos duros por permeables en paseos y áreas estanciales,

dotándoles de pendiente suficiente para evacuar el agua superficial y se deben situar elevados respecto a zonas terrazas o ajardinadas adyacentes.

+ Siempre que sea posible, se utilizarán en las distintas plantaciones acolchados o mulch por su contribución en el disminución de los consumos de agua al reducirse la evaporación por calentamiento directo o por efecto del viento.

Buenas prácticas

+ Localizar las zonas verdes en función de la topografía del terreno y respetando en la mayor medida el drenaje natural.

+ Jerarquizar los espacios libres, con diversidad de ambientes y funciones.

+ Plantear un sistema en red que no vaya en detrimento de la aparición de un parque de barrio.

+ La estrategia más necesaria para lograr el confort térmico de los espacios abiertos, va a ser que estén expuestos a radiación solar.

+ Optimizar las necesidades hídricas de las zonas verdes, mediante la selección de especies, los pavimentos y desniveles.



4 Buenas prácticas en la edificación

4.1. La importancia de la rehabilitación⁶⁰

La sensibilidad por los temas ambientales sigue aumentando como consecuencia, entre otras causas, de las continuas alarmas procedentes de voces científicas autorizadas, que atribuyen a las actuaciones del ser humano los cambios cuantificables que se han producido en el territorio, el clima, las especies,... Esta actitud hacia la conservación del medio ambiente debe traducirse en comportamientos colectivos y personales respetuosos con el entorno.

No obstante hay que precisar que el medio ambiente se percibe como complejo y multidimensional, con elementos positivos y negativos, dependiendo de condiciones concretas de cada situación: grupo de referencia, ubica-

ción, aspectos sociales, económicos,... y las mismas situaciones pueden entenderse de diferente manera. Aquí radica la importancia de considerar los impactos como elementos básicos para la toma de decisiones.

Al abordar la rehabilitación de la ciudad construida, no se puede olvidar que nos enfrentamos a un problema que ha traspasado la escala local. Las consecuencias del uso irresponsable del parque construido son globales, tal como ha sido demostrado y aceptado por la comunidad internacional. Según afirmaba el catedrático alemán Gunther Moewes hace más de 25 años:

“Básicamente, sólo existen tres procesos que pueden conducir razonablemente a reducir las necesidades energéticas o la carga sobre el medio ambiente: la rehabilitación de edificios existentes; la sustitución de antiguos edificios ecológicamente despilfarradores por nuevas formas de bajo consumo y el cierre de intersticios entre edificios”.⁶¹

⁶⁰ Texto elaborado a partir de distintos trabajos realizados para la EMVS sobre la rehabilitación sostenible para Madrid, de las autoras M. de Luxán, G. Gómez, E. Román, M. Barbero, C. Enea y R. Díez.

- “Estudio de las posibilidades de actuación con criterios de sostenibilidad en la rehabilitación privada de viviendas en Madrid. Aplicación para los barrios de Hortaleza, Jacinto Benavente y Sector 1 de Lavapiés”, 2004.
- “Estudio de las posibilidades de actuación con criterios de sostenibilidad en los barrios periféricos de Madrid: Ciudad de los Ángeles, San Cristóbal de los Ángeles, Barajas, Ciudad Pegaso y Nuestra Señora de Loreto”, 2006.
- “Estudio de criterios y procedimiento adecuado para la ejecución de programas de adecuación arquitectónica para la integración de medidas de sostenibilidad y accesibilidad en la rehabilitación de edificios de las áreas de Hortaleza, Jacinto Benavente y ampliación de Huertas-Las Letras”, 2006.
- “El Programa de Ayudas de Sostenibilidad y Eficiencia Energética de las edificaciones para Madrid”, 2007.
- “Estimaciones sobre la rehabilitación sostenible de edificios de viviendas en España”.
- “La rehabilitación energética de las viviendas como prioridad para reducir la insostenibilidad de nuestras ciudades” para la revista: Sinergia, arquitectura+medio ambiente+tecnología. Centros de recursos Ambientales. 2008.

⁶¹ Moewes, Gunther (1997) “Solar, defensiv ober beides?”, Detail, 3/1997.



Rehabilitaciones en Lavapiés

Esta afirmación sintetiza las cuestiones clave que deben abordar las ciudades españolas en un futuro inminente. La rehabilitación de las viviendas existentes debe ser una prioridad para reducir la insostenibilidad de nuestras ciudades ya que:

+ En España, con un crecimiento demográfico muy bajo y un parque de viviendas sobredimensionado, debe replantearse la necesidad de la calificación de nuevo suelo para urbanizar y edificar, incluso aun cuando se utilicen técnicas constructivas ecológicas.

+ El componente principal del consumo energético de la edificación es el debido al uso cotidiano del edificio, y por ello puede merecer la pena sustituir edificios despilfarradores. Esta situación puede corregirse en muchos casos con una actuación sobre el edificio, reduciéndose al mínimo los casos en que sea imprescindible la demolición.

+ El segundo componente, por importancia, de dicho consumo energético es el coste energético de fabricación (del orden de un 20% del consumo anterior). Su incidencia está fuertemente ligada a la durabilidad del edificio y por tanto es preciso alargar su vida útil, invirtiendo la situación que se produce en España, con periodos de renovación del parque construido, notablemente más cortos que en el resto de Europa.

+ Finalmente, y en lo que se refiere a las infraestructuras urbanas, su incidencia en el consumo energético, com-

putable para la superficie edificada, no depende sólo de su durabilidad, también de la superficie servida.

Hasta ahora las experiencias de rehabilitación de las edificaciones existentes han sido muy diversas según quien las abordase. Las ciudades con centros históricos hacen esfuerzos en la rehabilitación cultural y patrimonial de los mismos, quedando excluidos otros aspectos ligados a la calidad de vida directamente como son la accesibilidad y el ahorro de energía. También quedan excluidas otras zonas urbanas que no tienen ese componente histórico, como son, entre otros, los barrios de realojo de la segunda mitad del siglo XX, surgidos por la necesidad de vivienda ante la emigración desde el campo a las ciudades.

La principal característica del parque construido en España es que cerca del 65% de las edificaciones fueron construidas antes de 1980, y por tanto sin que existiera una normativa técnica obligatoria que limitara la demanda energética. La primera normativa de aplicación obligatoria en todas las edificaciones que definía las condiciones de transmisión térmica de la envolvente es consecuencia de la crisis del petróleo de 1974 y aparece en 1979 con como Norma Básica de la Edificación con el nombre Condiciones Térmicas de los Edificios. Esta normativa no se ha actualizado hasta la aparición del Código Técnico de la Edificación en 2006, es decir 27 años después. Este dato muestra el retraso de nuestro país en comparación con otros países europeos que revisan su normativa técnica cada 5 años aproximadamente y la poca preocupación que ha habido en lo que se refiere al despilfarro energético.



Rehabilitación de los espacios libres de Daoiz y Velarde



Rehabilitación para polideportivo de Daoiz y Velarde

Desde el punto de vista medioambiental, la acción de rehabilitar un edificio es una opción positiva frente a la alternativa de su demolición y nueva edificación.

Rehabilitar un edificio de viviendas, aunque se sustituyan todas las carpinterías, se le dote de aislamientos y se le cambien las instalaciones, supone un ahorro energético, y por tanto de contaminación, del orden del 60% de la inversión energética para construir otro nuevo. Y se evitan además numerosos impactos ambientales cuantificados en la reducción de unas 23 toneladas equivalentes de petróleo (956GJ).

La rehabilitación, al poner de nuevo en valor los edificios y disminuir su consumo de energía sin requerir la ur-

banización de nuevo suelo ni nuevas expansiones urbanas, mejora también la eficiencia energética de la propia ciudad, conteniendo al menos el consumo de energía asociado al transporte, imprescindible para su funcionamiento. Este efecto, aunque indirecto, debe ser resaltado al ser el transporte el sector en el que las emisiones contaminantes crecen en la última década mucho más deprisa que la media.

Estimaciones sobre la rehabilitación sostenible de viviendas en España

Tras un estudio de diferentes tipologías edificatorias, en función de sus características constructivas y situación dentro de la trama urbana, se ha evaluado el comporta-

Tabla 4.1 Cuadro comparativo de transmitancias

Elemento constructivo	Transmitancia (W/m²K)				
	Anterior a NBE-CT-79 Caso más desfavorable	Anterior a NBE-CT-79 Caso tipo	Anterior a NBE-CT-79 VPO	NBE-CT-79	CTE-DB-HE1
Muros exteriores	2,8	1,9	1,4	1,2	0,66
Cubiertas	2,0	1,7	1,4-1,85 ¹	0,9	0,38
Suelos	2,3	1,8	1,4	0,8	0,49
Huecos	5,0	5,0	5,0	3,5	2,9 ²

¹ 1,4 para cubierta plana y 1,85 para cubierta inclinada

² Valor medio



Rehabilitación para polideportivo de Daoiz y Velarde

miento energético de los edificios en el estado actual y los posibles ahorros pasivos tras las actuaciones de rehabilitación energética. Todas las viviendas corresponden a casos ubicados en Madrid, pero pueden extrapolarse a muchas de las ciudades españolas.

La situación de cada edificio respecto al consumo energético es consecuencia, entre otros parámetros, de las diferentes tipologías constructivas y las normativas vigentes durante su época de construcción. Por tanto, es muy importante tener en cuenta estas condiciones de partida, ya que en función de lo anterior el grado de eficacia de las actuaciones varía considerablemente. (Ver *tabla 4.1*)

La eficacia de las acciones aumentará si las actuaciones están encaminadas hacia los edificios que se encuentran en peor estado energético. Además si la intervención mejora las condiciones exigidas por el CTE, aunque supone un pequeño incremento en la inversión destinada a la mejora de los elementos constructivos, el ahorro de energía aumenta considerablemente.

Como hemos dicho anteriormente gran parte de estos edificios han sido construidos antes de la NBE-CT-79 y presentan unas condiciones bastante desfavorables en términos energéticos. Las actuaciones deberían ir encaminadas, en primer lugar, a mejorar las condiciones de estas edificaciones.

Se puede observar que actuando únicamente en la envolvente del edificio podemos conseguir entre un 35-70 % de reducción de pérdidas. El elemento con mayor peso relativo en el ahorro energético es el muro. En algunos casos el ahorro, si se mejora energéticamente este elemento, puede llegar a superar el 70% del total posible (edificio torre). (Ver *tabla 4.2*)

Reducción del consumo energético. Repercusión económica

Como hemos comentado anteriormente, y refiriéndonos al comportamiento térmico de la envolvente, no todas las viviendas parten de las mismas condiciones constructivas.

Podemos establecer una comparación para ver que ocurriría en los distintos muros, suponiendo que los aislamos exteriormente con un sistema compuesto por: aislamiento EPS tipo IV+mallatex+revoco+pintura. Con estos parámetros se ha elaborado la siguiente tabla en la que se puede apreciar la disminución de la transmitancia, y por tanto del consumo y la contaminación derivada, y el coste por m² para adecuar cada uno de estos muros al CTE-DB-HE1 (Los precios son los actuales de mercado, en enero de 2008). (Ver *tabla 4.3*)

De la tabla anterior podemos obtener la conclusión de que es más eficaz energéticamente actuar sobre la envolvente de los edificios que se encuentran en peores



Rehabilitación en calle Huertas



Rehabilitación en calle Provisiones

Tabla 4.2 Valoración de medidas pasivas. Mejora de la envolvente para cumplir el CTE-DB-HE 1

Tipo de Edificio de Viviendas	Ahorro %
Edificios del centro de Madrid	
Anterior a NBE-CT-79	60,04
NBE-CT-79	36,92
Caso más desfavorable* anterior NBE-CT-79	69,00
Anterior a NBE-CT-79. Protección Oficial	56,85
Edificios de la periferia de Madrid	
Entre medianeras	
Anterior a NBE-CT-79	61,14
NBE-CT-79	40,02
Caso más desfavorable* anterior NBE-CT-79	69,34
Anterior NBE-CT-79. Protección Oficial	53,09
En esquina	
Anterior a NBE-CT-79	61,21
NBE-CT-79	40,16
Caso más desfavorable* anterior NBE-CT-79	69,51
Anterior NBE-CT-79. Protección Oficial	53,03
Torre (7 plantas)	
Anterior a NBE-CT-79	59,70
NBE-CT-79	40,85
Caso más desfavorable* anterior NBE-CT-79	69,41
Anterior NBE-CT-79. Protección Oficial	50,24

* Caso más desfavorable de la selección realizada para el estudio.

Tabla 4.3 Cuadro comparativo de muros

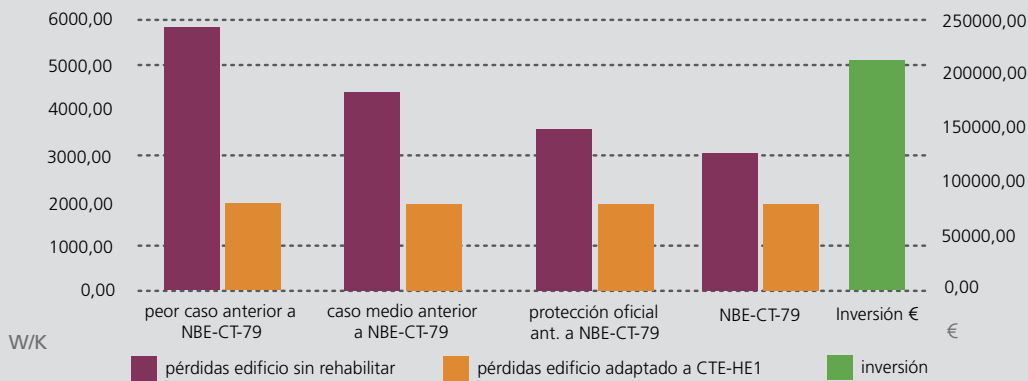
Tipo de vivienda	U _M Actual (W/m²K)	U _{Mlim} Exigido (W/m²K)	Espesor Aislam. (cm)	Sistema Aislam. (°/m²)	Increment. coste (%)	Ahorro Pérdidas (%)	Increment. Ahorro (%)
Viviendas peores de la periferia	2,80	0,66	5	76,20	3%	76,43	70,00
Viviendas medias de la periferia. Anteriores al año 1979	1,90	0,66	4	75,10	1 %	66,66	48,00
Viviendas de Protección Oficial. Anteriores al año 1979	1,40*	0,66	3	74,00	0	52,90	18,00
Viviendas que cumplan la NBE-CT-79	1,20*	0,66	3	74,00	0	45,00	0,00
Viviendas que cumplan el CTE-DB-HE1. A partir del año 2007	0,66*	0,66	-	-	-	-	-

* Valor exigido por la normativa

Tabla 4.4 Cuadro comparativo huecos

Tipo de vivienda	Vidrio Actual (mm)	U _{Huecos} Actual (W/m²K)	U _{lim} medio exigido (W/m²K)	Vidrio Nuevo (mm)	Increment. coste (%)	Ahorro Pérdidas (%)	Increment. Ahorro (%)
Viviendas peores de la periferia	5	5,0	2,9	4.12.4	=	42,00	244,00
Viviendas medias de la periferia. Anteriores al año 1979	5	5,0	2,9	4.12.4	=	42,00	244,00
Viviendas de Protección Oficial. Anteriores al año 1979	6	5,0	2,9	4.12.4	=	42,00	244,00
Viviendas que cumplan la NBE-CT-79	4.6.4	3,5	2,9	4.12.4	=	17,20	0,00
Viviendas que cumplan el CTE-DB-HE1. A partir del año 2007	4.12.4	2,9*	2,9	4.12.4	=	-	-

* Valor exigido por la normativa



Reducción de pérdidas por reducción de la envolvente. Inversión económica

condiciones, con un incremento mínimo en el coste de la intervención.

De la misma manera, si comparamos lo que ocurre con los distintos vidrios, suponiendo que los sustituimos por un vidrio de doble acristalamiento tipo 4.12.4, obtenemos los siguientes datos. (Ver tabla 4.4)

Comprobamos, según la tabla anterior, que a igual inversión económica en la sustitución de vidrios, la eficacia de las acciones es mayor cuanto peor sea el vidrio.

Los gráficos situados en pas páginas 126 y 127 muestran un balance de la inversión necesaria para la actuación en un edificio tipo entre medianeras del centro de Madrid.

Como conclusión puede afirmarse que la eficacia de mejorar energéticamente los muros de los edificios que se encuentran en peores condiciones, tiene un efecto mucho mayor, respecto al ahorro energético, con costes idénticos o muy ligeramente superiores. En todos los casos analizados la inversión económica debido a la adecuación de este elemento es mayor que en los demás. Por ejemplo, en un edificio, tipo torre, ubicado en la periferia representa casi un 80 % de la inversión total.

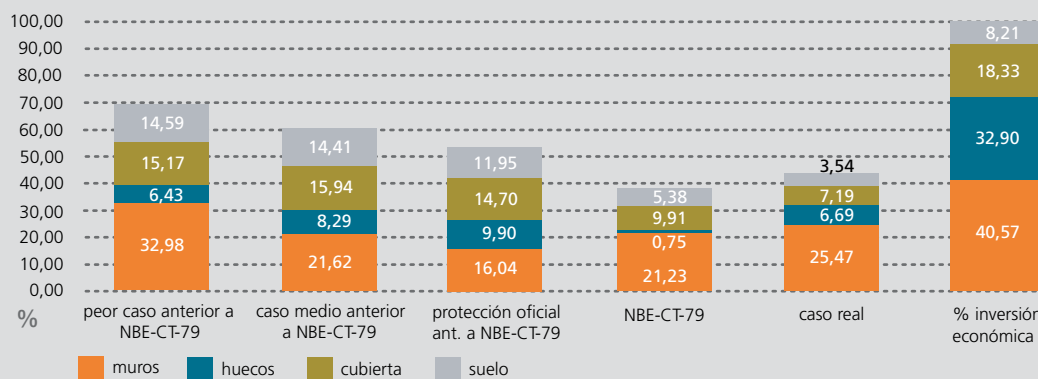
Estimación de Reducción de emisiones de CO₂ por las actuaciones en viviendas

En España en 2005 se produjeron 440.640.000 miles de toneladas de CO₂, de las cuales se estima que el 6% corres-

Tabla 4.5 Estimación de Reducción de emisiones de CO₂ por las actuaciones en viviendas

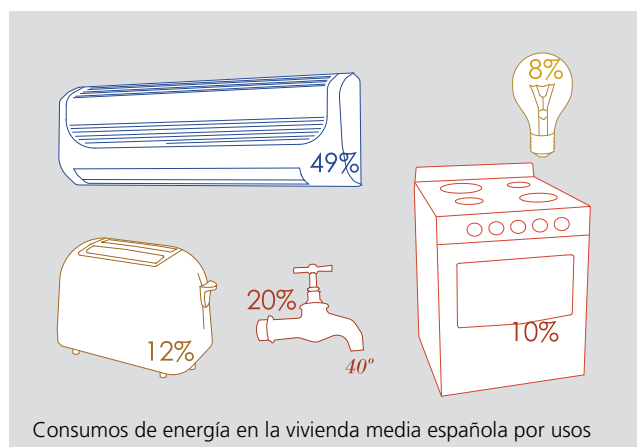
	Emisiones anuales por vivienda ¹ debidas a climatización (Tm CO ₂)	Reducción anual de emisiones por adecuación de la envolvente al CTE(%)	Reducción anual de emisiones por vivienda (Tm CO ₂)	Reducción de emisiones en 10 años (Tm CO ₂)	Nº de viviendas ²	Reducción total de emisiones en 10 años (Tm CO ₂)
Viviendas anteriores a NBE-CT-79	4,75	60 %	2,85	28,50	350.200	9.975.000
Viviendas posteriores a NBE-CT-79	3,00	40 %	1,20	12,00	150.000	1.800.000
TOTAL DE EMISIONES REDUCIDAS EN 10 AÑOS (Tm CO ₂)						11.775.000

¹ Se ha hecho una estimación según los datos de distintas fuentes (IDAE, Iberdrola), ya que no existe un estudio actualizado sobre las emisiones de CO₂ por vivienda.
² Según el Programa Electoral del PSOE para las elecciones de 2008, se propone subvencionar 500.000 viviendas para su rehabilitación en los cuatro años.



Peso relativo de cada elemento en la reducción de pérdidas en el caso de adaptación del CTE. Inversión económica

ponden al sector residencial, lo que supone 26.438.400 miles de toneladas de CO₂. La reducción de emisiones que se produciría con un programa de rehabilitación en 4 años de 500.000 viviendas supondría una reducción anual del 4,45% y en 10 años de cerca del 50%. (Ver tabla 4.5)



4.2 La rosa de azimutes

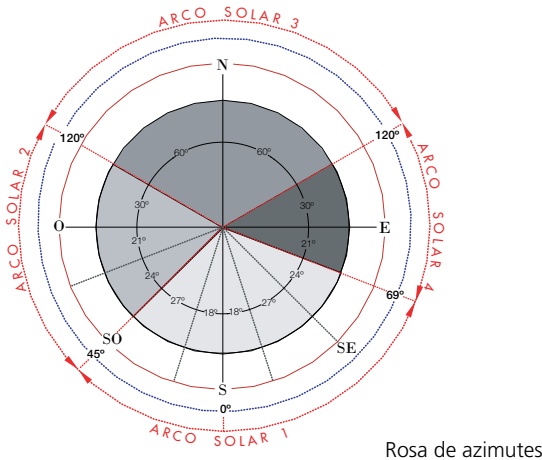
Dado que el recorrido del sol es diferente en cada época del año, parece recomendable que las estrategias bioclimáticas de los edificios en cada una de las orientaciones sean diferentes. Los acabados de las fachadas, la apertura de huecos, el sombreado de los mismos, los colores, la colocación de superficies acristaladas, la situación de terrazas, etc,... deberían ser diferentes en cada arco solar. De esta forma se lograría una correcta optimización de la radiación solar y se reducirían las car-

gas de calefacción y refrigeración de los inmuebles, por lo que se ahorraría energía y se reducirá la contaminación atmosférica.

Con este objetivo se determinan cuatro arcos solares en la latitud de Madrid, según la trayectoria solar en planta, cada uno de los cuales tiene unas características que el arquitecto debe conocer para proyectar su edificio. (latitud 40°N)

Arco solar 1

Zona de máximo soleamiento en invierno y en verano, donde es posible y conveniente colocar los elementos captadores para el invierno, y elementos externos de protección para el sol del verano. Abarca todo el recorrido del sol por el sur (acimut 0°), donde todos los días el sol alcanza la máxima altura solar a las 12.00 horas (solares). Es necesario destacar, que el arco no es simétrico con respecto a la orientación sur, (va desde 69° SE hasta 45°SO), debido a que la radiación solar de la mañana en Madrid es más soportable que la de la tarde como consecuencia del recalentamiento de la atmósfera. También Olgyay consideraba esta circunstancia y aconsejaba la orientación 30° SE como la ideal para la zona templada, en su manual anteriormente citado. Todas las fachadas de las edificaciones que se encuentren dentro de estos 114° del Arco Solar 1, deberán implantar técnicas de acondicionamiento tanto activas como pasivas en invierno y en verano (sin olvidar la obstrucción urbana provocada por los edificios colindantes). La diferencia de altura solar entre el invierno (24° a las 12.00 horas)



Rosa de azimutes

y el verano (73° a las 12.00 horas), posibilitará la flexibilidad entre captación solar y protección requerida para este lugar.

Arco solar 2

Es la zona del sol de tarde. Abarca aquellas orientaciones que tienen sol desde 45° SO hasta 120° SO (siempre tomando el sur como el origen de los ángulos acimutales). En esta orientación no tenemos sol en el invierno (que tiene el orto a 27° SO el 21 de diciembre) y sí todas las tardes, desde las 13,00 horas, o las 14,00 horas hasta que se oculta, durante los meses de marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto y septiembre. Esto condicionará completamente el diseño de esta fachada, en cuanto a huecos, materiales, elementos de protección externos e internos y también el control del microclima de los espacios exteriores que se debe cuidar al máximo diferenciado con respecto a los otros arcos solares. Por la baja altura solar en este arco, se debe recurrir a elementos de cierre verticales para el sombreado completo del hueco.

Arco solar 3

Este arco abarca una orientación sin radiación solar directa. La radiación difusa está presente todo el año y aparece radiación directa apenas tres horas en el orto y en el ocaso el 21 de junio. Corresponde a los acimutes, desde 120° NO hasta los 120° NE. Esta circunstancia hace que las estrategias de control se encaminen a evitar la pérdida del calor generada en el interior de las edificaciones o para favorecer la ventilación cruzada en el verano, principalmente. La luz difusa es muy aconsejable para tareas

como laboratorios, bibliotecas, oficinas y salas de dibujo, circunstancia que se puede considerar a la hora de la distribución interior de los inmuebles y de las viviendas. También habrá que considerar la reflexión de los edificios próximos que puede modificar considerablemente tanto la luz como el calor si la fachada es espejada.

Arco Solar 4

La radiación solar es exclusiva de la mañana y en los meses calurosos, ya que abarca desde 69° SE hasta 120° NE. En este Arco, las posibilidades para captación de la radiación solar en invierno son nulas y medias en primavera y otoño, periodos en los que no suele hacer falta. Tampoco será excesivo el sobrecalentamiento en el verano, ya que solo llega radiación desde que amanece hasta las 11,00 de la mañana aproximadamente. Si ha existido un enfriamiento nocturno, circunstancia que suele ser corriente, no va a ser perjudicial por la ausencia de calentamiento atmosférico.

Como puede observarse las condiciones de diseño óptimas para cada Arco Solar son diferentes, e incluso contrarias. Estas determinaciones sobre las ventajas e inconvenientes de cada orientación es preciso que el arquitecto las conozca cuando esté realizando el diseño de las edificaciones y así pueda establecer el tamaño de los huecos, la selección de los materiales, la forma del edificio, la situación de balcones y terrazas, la situación de elementos externos o internos de protección solar, la localización de los paneles captadores, etc. para mejorar el comportamiento térmico de los inmuebles.

Buenas prácticas

- + Considerar la orientación a la hora del soleamiento de cada fachada. La fachada que más radiación anual recibe es la sur, la que menos la norte, que solo recibe radiación difusa. La fachada este recibe el sol de la mañana y la oeste el de la tarde. La oeste siempre deberá estar protegida por el efecto del sobrecalentamiento del aire.
- + Considerar la “quinta fachada”, la azotea, ya que recibe la máxima radiación anual y puede ser muy aconsejable su utilización como superficie complementaria captadora.
- + Considerar que la fachada no tenga obstrucciones de edificaciones enfrentadas. Una variación de 15° a 30°, de la orientación de la fachada con respecto al sur hacia el este, puede derivar a situaciones también favorables.

4.3 Estrategias bioclimáticas

Las estrategias bioclimáticas generales cuando son necesarios requerimientos de calentamiento pasivo, son⁶²:

- + Baja superficie en relación al volumen edificado (formas compactas).
- + Maximizar las ganancias solares.
- + Reducir la superficie expuesta en la fachada norte o a la dirección de los vientos dominantes.
- + Aislar la superficie perimetralmente de la edificación.
- + Control de la ventilación natural y de las infiltraciones.
- + Localización de las puertas de entrada lejos de las esquinas y de las zonas de vientos dominantes.
- + Uso de espacios tapón en las fachadas orientadas al norte y de invernaderos acristalados en la sur. Cuanto menor sea la diferencia entre la temperatura interior y la exterior, más baja será la pérdida de calor por los cerramientos.
- + Uso recomendable del atrio y los patios para conseguir espacios de amortiguación y además facilitar la entrada de luz natural al interior de la edificación.
- + Uso de la masa térmica para reducir el consumo de calefacción.

Por el contrario, las estrategias donde el enfriamiento es el requerimiento dominante, las estrategias pueden ser:

- + baja superficie en relación al volumen edificado.

- + reducir la superficie de las fachadas directamente expuestas a la radiación solar.
- + situar toldos, contraventanas, soportales, o persianas para el sombreado de los huecos.
- + aislamiento de los cerramientos y especialmente la cubierta.
- + control de la ventilación y la infiltración cuando las temperaturas exteriores sean altas.
- + instalar chimeneas solares para forzar el tiro de la ventilación en el interior.
- + situación de huecos en fachadas en sombra, y orientados en la dirección de los vientos.
- + usar espacios de amortiguación en las fachadas sur.
- + uso de masa térmica para evitar el sobrecalentamiento interior provocado por el exceso de radiación.
- + uso de patios como espacios para permitir el paso de corrientes de aire y además la luz a los espacios interiores.
- + uso de estrategias con agua para favorecer la evaporación y reducir la sensación de calor.

Se detallan algunas recomendaciones bioclimáticas oportunas para el clima madrileño, que surgen como combinación de las anteriores. (Ver tabla 4.6)

4.3.1 Situación en la parcela

- + La situación de los edificios dentro de una misma parcela, debe considerar la relación de las distancias entre las fachadas, la altura de la edificación y la orientación

⁶² “A Green Vitrubious”. Dirección General de la Unión Europea. 2000.

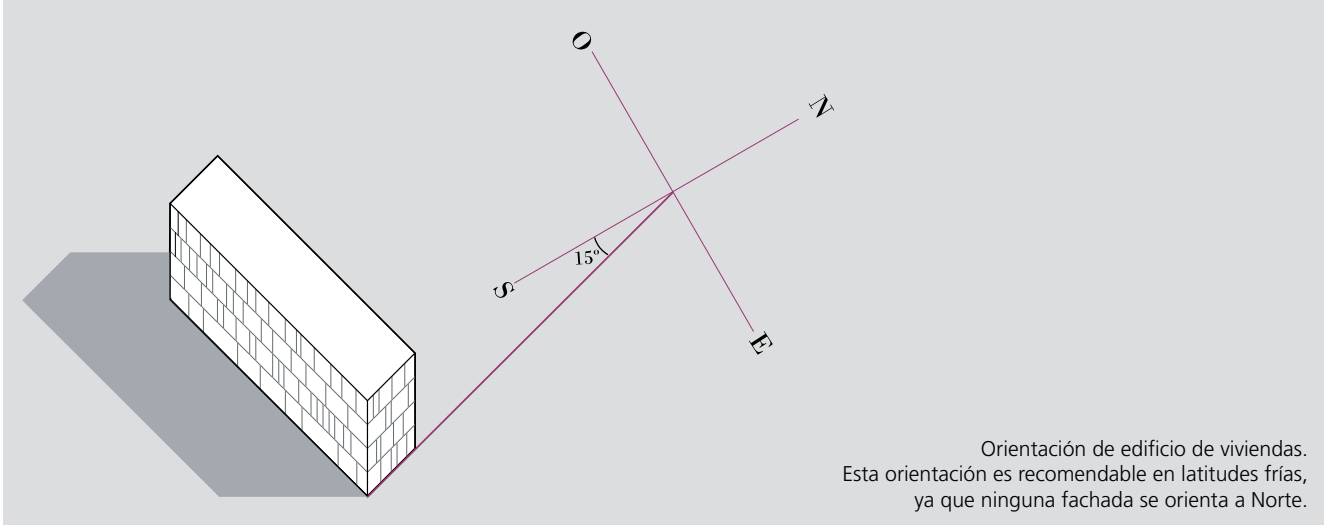


Tabla 4.6 Condiciones bioclimáticas recomendadas para la edificación residencial en Madrid

Invierno	Necesidad	Estrategia
	De radiación solar	Orientación de la fachada al sur
		Elementos captadores acristalados al sur
	Equilibrio temperaturas día-noche	Aislamiento térmico en los cerramientos exteriores
	Evitar fugas térmicas	Ventanas pequeñas al norte o con vidrios estancos y cuidando al máximo los puentes térmicos
		Cerramientos estancos
Verano	Necesidad	Estrategia
	Ventilación cruzada	Viviendas pasantes a dos fachadas, o en esquina
	Control radiación solar incidente en los huecos	Sombreamiento exterior de ventanas y terrazas, en orientación sur, sur-este y sur-oeste. ARCO SOLAR 1 Y 2.
		Pocas ventanas al oeste y siempre con protecciones exteriores que sombreen el hueco. ARCO SOLAR 2.
	Mejora microclima exterior junto a las fachadas (sobre todo la oeste)	Presencia de arbolado caduco
		Presencia de láminas de agua



Balcón con protección tradicional de hueco. Madrid

de las fachadas. Como norma general, se recomienda orientar los edificios de forma que tengan la mayor fachada con orientación sur. Si se contrapean se consiguen dos objetivos: reducir las sombras arrojadas en las horas centrales del día y aumentar la diversidad y variedad de los espacios urbanos.

La orientación 15° Sur-este, también se considera apropiada, ya que la radiación incidente es alta, y posibilita una mayor diversidad en las ordenaciones residenciales. Es procedente en latitudes con diferencias térmicas acusadas entre el invierno y el verano, como la madrileña.

+ En los espacios interbloques, bien sean de tipologías de manzanas semicerradas, bloques lineales o torres, se recomienda la creación de **espacios con arbolado y agua**, para crear un microclima adecuado en invierno y verano.

En general, los espacios libres deberán estar orientados según la dirección sur, reduciendo el tamaño de las pantallas vegetales orientadas en esa dirección y estar protegidos con plantaciones perennes frente al frío invernal, siempre que puedan estar lo suficientemente separadas para que no den sombra en las fachadas.

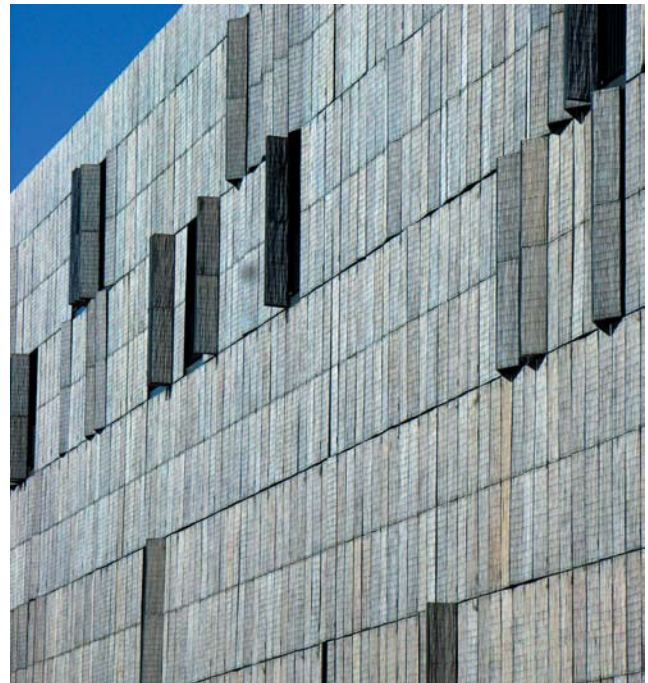
También se dispondrán las plantaciones de árboles de hoja caduca junto a las fachadas oeste de las edificaciones, para evitar la excesiva radiación estival sobre las mismas. Colocación del arbolado de forma que permita



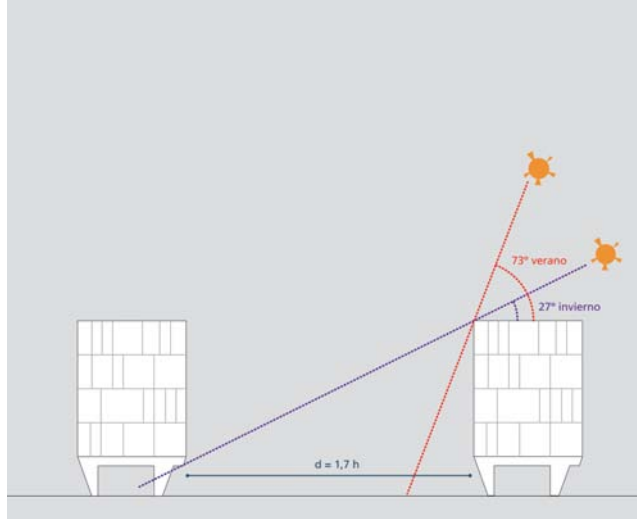
Mirador con captador térmico. Viviendas en el muelle de Borneo. Ámsterdam

la canalización de brisas estivales y se protejan los vientos fríos del invierno.

La ladera sur acorta la mínima separación entre edificios porque mejora el soleamiento invernal. En la ladera norte el caso es contrario, se aumenta la distancia entre fachadas, para que tengan sol directo.



Terrazas con protección vertical. Edificio de viviendas en Carabanchel. FOA architects



Distancia mínima entre edificios de viviendas. Latitud 40° N, orientación sur con ángulos de 21°-22° se garantizan 4 horas de soleamiento en diciembre.

4.3.2 Forma de las edificaciones

+ Se recomienda el diseño de edificaciones alargadas en el eje Norte-Sur, con la fachada mayor al sur. La relación recomendada entre el fondo de la edificación (b) y el largo (a) para obtener una máxima superficie orientada al sur es como mínimo de 1,5, con la fachada menor (o con menor número de huecos) orientada al oeste.

+ Distribución interior de las viviendas. Se recomienda disponer los salones y dormitorios al sur y las cocinas, baños, despensas, en general espacios “no vivideros” al norte; Al diseñar una torre, esta distribución establecerá el número de viviendas por escalera, siendo lo más recomendable las viviendas pasantes, con doble fachada (al norte y al sur), buenas para el invierno y para el verano.

4.3.3 Cerramientos exteriores

+ Se protegerán los elementos exteriores que mayor radiación solar reciben, la fachada oeste y la cubierta, con cualquier tipo de solución, móvil, fija, con arbolado, etc.

+ Uso de **sistemas de acondicionamiento pasivo** en fachadas orientadas al sur, y en las plantas altas de los inmuebles (en tipología de manzana cerrada), mediante



Situación y orientación de los espacios libres de parcela

distribución indirecta de sistemas de doble piel. El movimiento del aire se produce gracias a los lazos convectivos, y acondiciona los espacios interiores.

Se debe proporcionar la ventilación cruzada al mayor número de viviendas posible. Si es posible, se creará un microclima con vegetación para mejorar las condiciones térmicas del aire en el verano.

+ Todas las edificaciones deben contar con un **aislamiento térmico** en todos los elementos en contacto con el exterior, eliminando los puentes térmicos: fachadas exteriores e interiores a patios, medianeras, cubiertas, forjados en contacto con espacios no habitables (zonas comunes, trasteros, garajes, etc), tal como exige el CTE.

+ Control de la inercia térmica de los materiales que conforman la envolvente, de manera que se pueda usar favorablemente el desfase de la onda térmica entre el interior y el exterior.

4.3.4 Huecos

+ Se recomienda igualmente considerar la dimensión de los elementos del hueco, principalmente de la ventana, como parámetro variable según la orientación de la fa-



Situación de los dormitorios y estancias hacia la orientación sur, las cocinas y baños hacia la orientación Norte. Edificio de viviendas de Hans Scharoun que responde a esta disposición.

chada o el número de plantas de la edificación. Huecos más grandes en fachadas sur, sur-este, y más pequeños al norte. Si es posible evitar la apertura de huecos en fachada oeste o que estén siempre protegidos exteriormente con elementos verticales de sombra. Huecos más grandes en las plantas bajas que en las altas, donde la radiación y la iluminación son siempre menores.

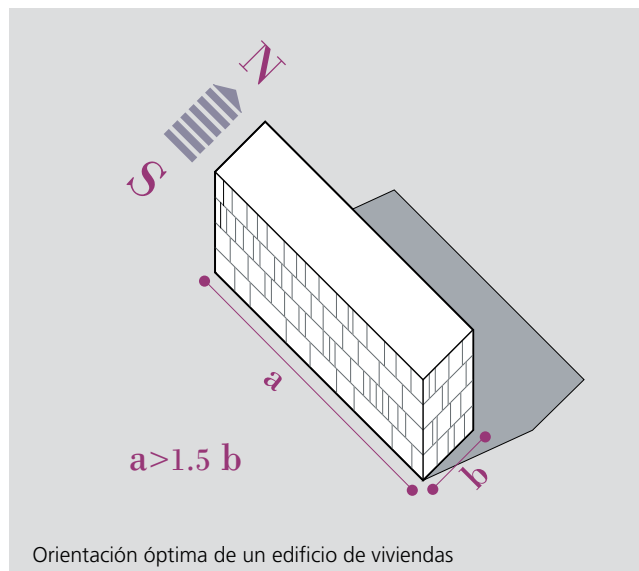
+ En caso de que la concepción estética de la fachada admita elementos salientes o aleros sobre los huecos de fachada, se recomienda diseñarlos guardando la relación 20/45 de distancia máxima del borde superior del

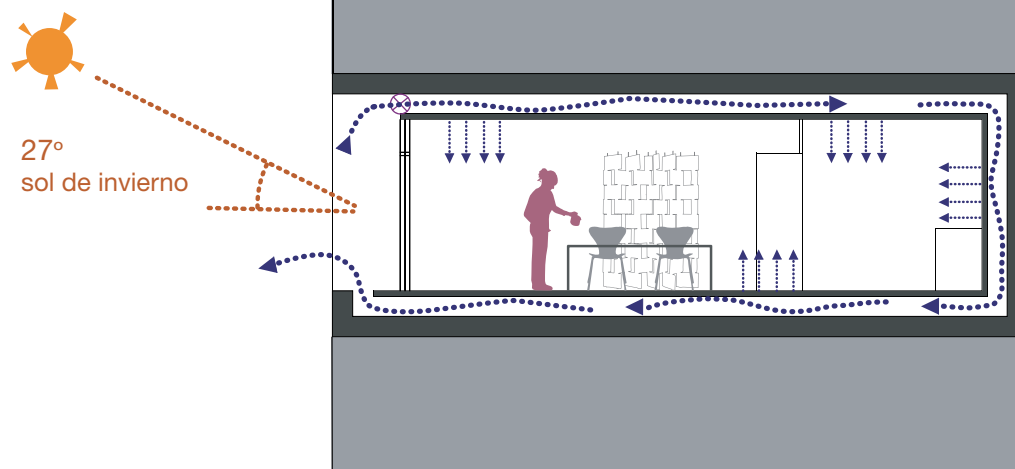
huevo, respecto a la profundidad del elemento medida normalmente al plano de fachada, y con dimensiones tipo precisamente de 20 cm y de 45 cm, respectivamente. Se recomienda en ese caso, que ese alero sobresalga a ambos lados del hueco, una distancia igual o mayor de un tercio de su profundidad para sombrear mejor la parte acristalada del mismo.

Se debe favorecer la iluminación natural de todas las estancias.

En caso de proyectarse miradores en fachada sur o sur-este, debe tenerse en cuenta su efecto invernadero, con ventajas en invierno, pero que deben estar sombreados y ventilados en verano. En este caso, el sombreado debe tener lugar por el exterior del cristal. Al norte, los miradores sólo deben admitirse para cumplir funciones de vistas e iluminación natural difusa, y en tal caso justificando la ventaja de esas funciones sobre las pérdidas energéticas que suponen en invierno. Deberán emplearse vidrios especialmente aislantes, tipo climalit con planitherm.

El balcón en fachada sur deberá estar protegido del sol, y con elementos de sombreado exterior al cristal. Se recomienda la utilización de toldos integrados en la fachada, debiendo de proyectarse este elemento desde el proyecto de ejecución.





Distribución indirecta mediante sistemas de doble piel

4.3.5 Otros elementos bioclimáticos

- + Las chimeneas solares, son una buena solución para favorecer la ventilación interior de los inmuebles.
- + Se favorecerán las cubiertas verdes, con plantas adecuadas con bajo consumo hídrico y nulo mantenimiento.
- + Se propiciarán las terrazas ajardinadas y la colocación de arbolado caduco en las fachadas oeste para tener una protección mayor en las épocas estivales.



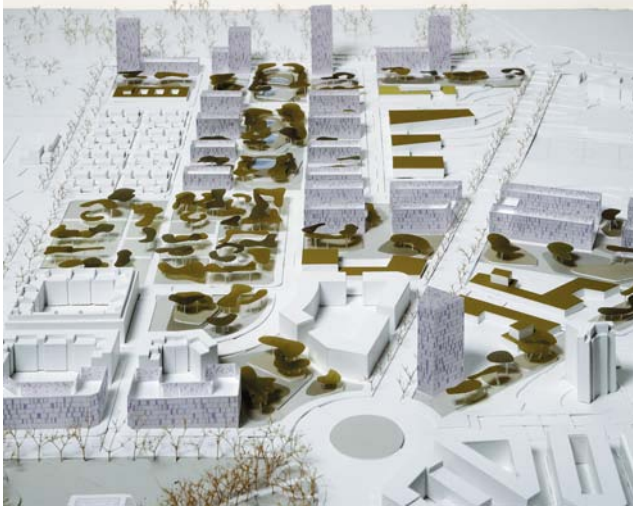
Cubierta vegetal en la biblioteca de la universidad de Delft. Mecanoo.

4.4 Ahorros energéticos con medidas bioclimáticas. Caso práctico: barrio de Plata y Castañar (Madrid)

La evaluación de las demandas energéticas de la edificación en áreas de nuevos desarrollos urbanos, resulta ser la base fundamental para el diseño de una estrategia energética global, que persiga reducir las necesidades energéticas además de conseguir sistemas de suministro eficientes.

La arquitectura bioclimática es capaz de permitir un gran ahorro energético. Cuestiones como la forma del edificio, la disposición y proporción de huecos, su sombreadamiento, el color de la fachada o la colocación del aislamiento mejoran la eficiencia y reducen el consumo tanto de calefacción como de refrigeración. Concretamente el estudio realizado para la nueva ordenación urbanística en el ámbito de "Plata y Castañar"⁶³ (modificación puntual del Plan General de Ordenación Urbana de Madrid, APE 17.19), ha evaluado los ahorros energéticos producidos por la incorporación de medidas bioclimáticas mediante una herramienta informática de modelización desarrollada por el Grupo de Energía y Edificación de la Universidad de Zaragoza, bajo la dirección de la empresa ALIA. Los resultados evidencian, una vez más la eficacia de adoptar soluciones bioclimáticas

⁶³ "Análisis-Diagnóstico sobre las condiciones de edificación y evaluación de las demandas energéticas de los edificios residenciales, del APE 17-19 Plata y Castañar en Villaverde" trabajo realizado por la empresa ALIA, Arquitectura, Energía y Medio Ambiente, S.L. y el Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Zaragoza, bajo la dirección de Carlos Expósito.



Barrio de Plata y Castañar (Madrid)

en los inmuebles. Se transcriben las más sobresalientes, para que sirvan de referencia en otras ordenaciones residenciales madrileñas.

El estudio realizado utiliza como modelos de referencia edificaciones resueltas con criterios anteriores al CTE (Código Técnico de la Edificación), así como con soluciones que satisfacen las condiciones de éste. Dichos resultados deben entenderse como una aproximación en orden de magnitud, a los resultados previsibles y no como un estudio profundo y detallado de las demandas, dada la indefinición de las características materiales de los edificios. Así pueden considerarse unas demandas de partida, según la NBE-CT-79, que oscilan según tipologías de 27 a 38 kWh/m² para calefacción. Con la introducción del CTE, estas demandas se reducen entre un 30 y un 50%, según tipologías.

La ordenación prevé más 2.000 viviendas, con tres tipologías: bloque lineal de VI plantas y 44 m de fachada, bloque lineal de seis plantas y 36 m de fachada y por último torres de 18 a 22 plantas.

Entre las variables y mejoras planteadas, se comprueba, en primer lugar, la idoneidad de las orientaciones N-S de las fachadas, frente a las orientaciones E-W, puesto que pueden llegar a ahorros en demandas de calefacción entre un 10% y un 15%, gracias a su mejor disposición solar. El arco solar 1, es el más indicado para las ganancias invernales.

En lo que respecta al aislamiento, se constata el gran salto realizado gracias al nuevo Código Técnico de la Edificación frente a la norma anterior NBE-CT-79, que supone ahorros en calefacción de un 35% y se prueban dos mejoras adicionales, (aumento del 100% y 50% del aislamiento de la parte ciega de la envolvente), resultando que ambas presentan ahorros similares en torno al 30%. En este sentido será importante alcanzar un equilibrio óptimo entre el coste de su colocación y el ahorro energético final.

Por otro lado, se estudian los cerramientos semitransparentes (huecos). Para estos elementos, se analizan dos conceptos principales: su transmitancia térmica y el porcentaje de superficie respecto del total de la fachada en la que se encuentran (considerando las diferentes orientaciones). Para esto último, se plantea la utilización de conjuntos ventana-marco con una transmitancia global máxima de 3,5 kWh/m² °C año; con respecto a una inferior a 2,5 kWh/m² °C año, (lo que supondría un ahorro del 15% en calefacción). Hasta una transmitancia global de 2,0 kWh/m² °C año se pueden alcanzar ahorros del 40%.

Respecto de los porcentajes de huecos en fachadas, los óptimos se sitúan en un 35% para fachadas Sur, un 15% para fachadas norte y un 20% en fachadas Este y Oeste, con importantes ahorros en calefacción próximos al 30% con estas disposiciones.



Barrio de Plata y Castañar

Por otro lado se analiza el aspecto de la refrigeración. Mediante la combinación de simulaciones con diversas aplicaciones informáticas se obtienen unos resultados de demandas esperadas en función del grado de ventilación nocturna, el tipo de distribución de las viviendas y las condiciones de viento. Los ahorros obtenidos son muy significativos, y pueden alcanzar entre un 40% y un 70% de la demanda que se produciría con un diseño no bioclimático de la vivienda, es decir, que no permita la ventilación cruzada nocturna en épocas cálidas; con la que se pueden superar las diez renovaciones/hora. Además, se señala la importancia y conveniencia de situar el termostato en temperaturas mayores de lo que el usuario estándar suele programar, introduciendo en este caso un elemento mecánico de movimiento de aire (ventiladores). La temperatura termostática suele ser de 25°C, resultan recomendables temperaturas de 27-28°C, ya que una diferencia de 1°C equivale a una diferencia de consumo del 7%.

La disposición de persianas y aleros de diferentes configuraciones permiten grandes ahorros en refrigeración, superando el 20% de consumo por la demanda de refrigeración en el caso de las persianas; y del 10% al 15% con aleros; siendo necesario, por tanto, que estos elementos se prevean y diseñen con la solución de cada fachada y no se deje al criterio de sus usuarios.

Otra de las medidas estudiadas es el empleo de galerías acristaladas o invernaderos. Se analizan dos configuraciones según ocupen un 25% ó un 40% de las fachadas sur

del inmueble. Los ahorros medios conseguidos son de un 15% y un 20% de calefacción respectivamente, aportando además el efecto adicional de funcionar como aleros en verano, siendo necesario en este caso que sean practicables al menos en un 50%, para permitir una adecuada ventilación que anule el sobrecalentamiento (circunstancia que no suele ser la habitual, ya que los miradores acristalados son casi completamente herméticos y con superficies practicables muy reducidas). (Ver tabla 4.7)

El siguiente paso consistió en analizar la agrupación de las mejoras más significativas de las expuestas anteriormente, y que habían sido analizadas de modo individual.

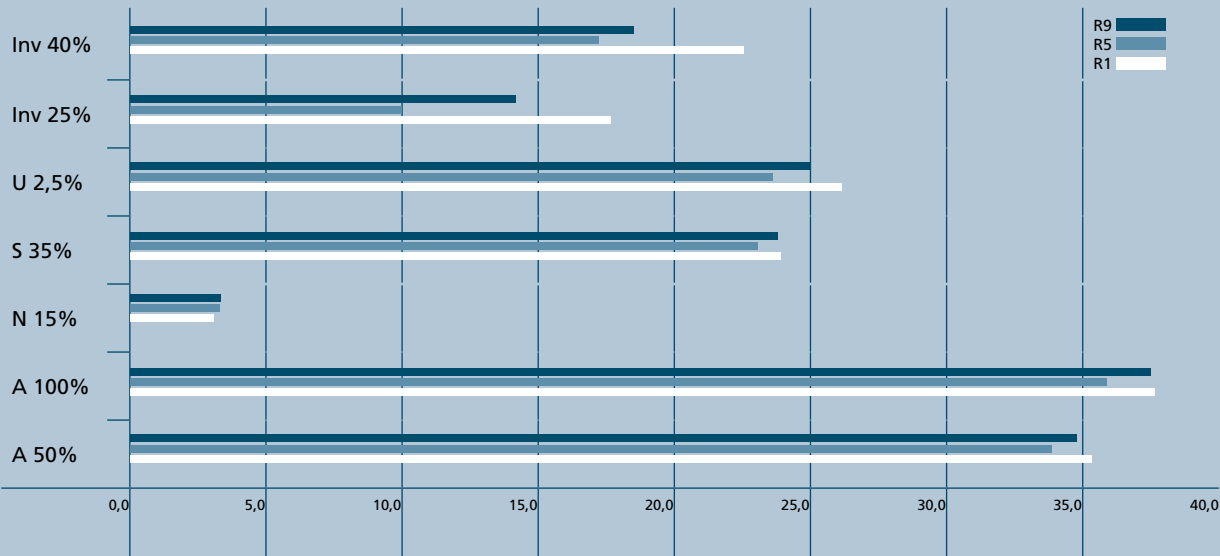
Así se consideró la integración de las siguientes mejoras:

- + Orientación N-S de las fachadas de mayor desarrollo.
- + Optimización de porcentajes de huecos según orientaciones.
- + Aumento del 50% del aislamiento térmico de la envolvente, respecto de las exigencias del CTE.
- + Tipologías con ventilación cruzada.
- + Persianas móviles en huecos.
- + Un 25% de la fachada Sur con galerías acristaladas (doble carpintería).

De este modo se obtuvieron resultados que, aplicados a todas las edificaciones del ámbito de ordenación considerado, suponían un 80% de reducción de demanda de calefacción respecto de la NBE-CT-79; y en torno a un 60% de reducción respecto del CTE.

Tabla 4.7 Porcentajes de ahorro de las diversas optimizaciones en las parcelas

(los porcentajes de ahorro se aplican sobre una opción de referencia que se basa en el modelo de NBE-CT-79 y no sobre el CTE)



- + R9: Bloque lineal de 6 alturas y 44 m. de frente de fachada
- + R5: Bloque lineal de 6 alturas y 36m. de frente de fachada
- + R1: Torre18-22 plantas

- + inv 40%: Invernaderos en el 40% de la fachada Sur, ahorro del 18 al 22%
- + Inv 25%: Invernaderos en el 25% de la fachada Sur, ahorro del 10 al 18%
- + U 2,5: Transmitancia térmica de huecos, ahorro del 22 al 26%
- + S 35%: Porcentaje de huecos optimizado (35% en la fachada Sur), ahorro del 23 al 24%
- + N 15%: Porcentaje de huecos optimizado (15% en fachada Norte); ahorro del 37%
- + A 100%: Aumento del 100% en el aislamiento de la envolvente, ahorro del 37%
- + A 50%: Aumento del 50% en el aislamiento de la envolvente, ahorro del 33 al 35%

En cuanto a las demandas de refrigeración es significativo señalar que la aplicación del CTE, sin medidas correctoras de sombreado, respecto de la NBE-CT-79, conlleva un aumento de la demanda entre un 3 y un 10% según las tipologías; que se vería corregido con la utilización de persianas y proporciones de huecos hasta alcanzar desde un 4 a un 12% de ahorro.

Hay que señalar que de la agrupación de todas las mejoras evidentemente no resultaran en ahorros equivalentes

a la suma de todos ellos. Ello conlleva reducir en un porcentaje equivalente la emisión de toneladas de CO₂ al año, y su traducción en equivalente a árboles plantados⁶⁴ y en ahorro de euros/año en la factura estatal del protocolo de Kyoto.

Por último, la tercera fase del trabajo consistió en traducir las demandas obtenidas a consumos energéticos, según distintos sistemas de instalaciones, y obtener las consiguientes emisiones asociadas de CO₂.

⁶⁴ Se estima que el valor absorbido por las masas vegetales es de 2,5 kg/árbol y año.



Barrio de Plata y Castañar

Tabla 4.8 Valores de consumos en MWh/año para la totalidad de la ordenación

Calefacción (MWh/año)	Rendimiento	Toltal NBE	Total CTE	Total OPT
Biomasa	0,75	4697	2153	1072
Gas individual	0,80	4404	2018	1005
Gas centralizado	0,85	4145	1900	946
Gas centralizado con caldera condensación	0,99	3559	1631	812
Refrigeración (Mwh/año)	Rendimiento	Toltal NBE	Total CTE	Total OPT
Aire-aire	2,5	1675	1714	1641
Agua-aire	3,5	1197	1224	1172

Tabla 4.9 Valores de emisiones en calefacción para la totalidad de la ordenación

Calefacción (Tm CO ₂)	Rendimiento	Toltal NBE	Total CTE	Total OPT
Biomasa	0,75	0	0	0
Gas individual	0,80	881	404	201
Gas centralizado	0,85	829	380	189
Caldera condensación	0,99	712	326	162
Refrigeración (Mwh/año)	Rendimiento	Toltal NBE	Total CTE	Total OPT
Aire-aire	2,5	1089	1114	1066

Así resultaron los siguientes valores de consumos en MWh/año para la totalidad de la ordenación (en torno a 1200 viviendas). (Ver tabla 4.8)

En cuanto a las emisiones de CO₂ se obtuvieron los siguientes resultados. (Ver tabla 4.9)

Los ahorros de emisiones en calefacción rondan las 700 toneladas anuales al incluir el paso de instalación individual a centralizada. Si se tiene en cuenta que el valor

de CO₂ absorbido por las masas vegetales es de 2.5 kg/árbol-año, obtenemos que la urbanización llega a ahorrar el efecto de más de un cuarto de millón de árboles respecto de la opción de referencia (NBE) y de unos 100.000 respecto de la opción CTE.

Dede señalarse que en el caso de utilizar biomasa como combustible en los sistemas de calefacción y ACS, las emisiones de CO₂ resultarían nulas, al tratarse de una fuente renovable.

Buenas prácticas

Las medidas de diseño bioclimático de orientación de fachadas, situación del aislamiento y los elementos captadores, la disposición de los huecos sobre cada fachada y la forma de la edificación reducen las necesidades térmicas en invierno y verano de los inmuebles, convirtiéndose en el primer paso para la eficiencia energética, tanto de la ciudad consolidada como de las nuevas ordenaciones residenciales.

Se puede concluir que existen grandes ahorros (hasta del 60%) al optimizar la solución respecto del CTE, tanto en términos energéticos como monetarios, asumiendo un sobrecoste en construcción que sería inferior al 5%.

Al diseño bioclimático, como punto de partida, deben añadirse las medidas activas: mejora en la eficiencia de las instalaciones de producción de calefacción y ACS, en segundo lugar; y por último la incorporación de paneles solares térmicos), para reducir aún más el consumo de energías contaminantes.



Mirador tradicional, Madrid



Mirador actual, Madrid

5 Buenas prácticas en los elementos arquitectónicos madrileños

El PGOUM 97, define en el Título 6 de las Normas Urbanísticas, elementos arquitectónicos como cuerpos volados, azoteas, terrazas, soportales, etc., que se van a evaluar desde el punto de vista bioclimático y del aprovechamiento energético. Estas soluciones tradicionales, han sido transformadas negativamente en la mayor parte de los casos, destacando entre todos la utilización del mirador. El funcionamiento bioclimático del mirador tradicional es completamente distinto del que se está construyendo actualmente en las edificaciones madrileñas; que no es eficaz en invierno, y en verano tiene un importante sobrecalentamiento. Como está exento del cómputo de edificabilidad, ha sido muy utilizado, cambiando significativamente la estética madrileña.

Se enumeran los siguientes elementos constructivos madrileños de los que se realiza una sucinta evaluación ambiental y se señala su ideal bioclimático.

- + Cuerpos volados: Miradores, balcones y balconadas.
- + Azoteas planas, áticos y superficies bajo cubierta.

- + Terrazas y tendedores.
- + Soportales, marquesinas y conductos de ventilación.

5.1 Cuerpos volados: Miradores, balcones y balconadas

Mirador, regulado en el PGOUM 97 como elemento cuyo pavimento es prolongación del forjado. Con un vuelo de 75 cm y ancho máximo de 2,80 metros, su parte acristalada no puede rebasar una longitud mayor en 30 cm el ancho del vano y no se admite cerrar con antepechos macizos ni opacos. La distancia entre miradores será de 60 cm. Se pueden agrupar en galerías ocupando la mitad de la fachada. Se admiten jardineras con vuelo 30 cm que no podrán verter aguas. La separación del mirador con la finca colindante será al menos de 60 cm y se prohíbe la instalación de persianas en los paramentos exteriores al mirador.

+ Construcción tradicional: El mirador tenía un cierre interior que lo independizaba de la habitación, con una puerta y dos partes del muro de cerramiento de la fachada. Las carpinterías eran más ligeras y los cristales también.

+ Construcción actual: Es un elemento de continuidad entre el salón y el mirador sin que se interpongan elementos intermedios. Tanto en invierno como en verano condiciona tanto su uso como el del local en el que se encuentra, generalmente de forma negativa en verano.



Balcón tradicional, Madrid

+ Evaluación ambiental: Este componente es un captador solar muy potente, por su posición y por su superficie acristalada. No obstante, la difícil protección solar y su reducida superficie de ventilación, los convierte en auténticos hornos cuando están mal protegidos.

+ Ideal bioclimático: Dar preferencia al mirador frente al regulado en el PGOUM 97. A norte, serán elementos con muchas pérdidas, dado el alto acristalamiento, pero aprovecharán la iluminación natural. Habría que evaluar las ventajas y las desventajas de esa orientación y controlar los intercambios energéticos (pérdidas y ganancias) con los vidrios y carpinterías adecuadas. Hay que permitir las persianas exteriores como elementos de regulación térmica eficaces, aleros o dispositivos de sombreado en el arco solar 1. Desaconsejables en los arcos solares 1 y 2.

El balcón definido en el PGOUM 97, con un vuelo máximo 45 cm y un ancho de 80 cm y balconada con vuelo de 45 cm y ancho que une varios huecos.

+ Construcción tradicional: El balcón tradicional ha servido para proteger el hueco y ventilar el local, al oscurecerlo de una forma sencilla mediante persianas flexibles o contraventanas que permitían dejar abiertos los vidrios, al tiempo que evitaban la entrada de la radiación según conviniera a lo largo del año. La independencia térmica entre el suelo del balcón y el de la habitación contigua, era determinante para que no existieran puentes térmicos.



Balcón actual, Madrid

+ Construcción actual: Formalmente se mantienen las proporciones en algunos casos (en la norma zonal 1), pero la protección solar se ha perdido y suele ser continuo con el forjado interior.

+ Evaluación ambiental: El balcón previsto en las normas urbanísticas difícilmente puede servir para sombrear los huecos; serían más propias las dimensiones de una terraza. No obstante, si sus dimensiones aumentaran algo, tanto el vuelo como la extensión lateral, la sombra aumentaría. Su mayor efectividad se alcanzaría en la fachada sur, no funcionaría mal a este, a oeste no serviría de nada, y a norte no haría falta.

+ Ideal bioclimático: Balcones algo mayores en las fachadas sur, este y oeste (con reservas), y cuidado de la protección solar de forma que permita recuperar el uso tradicional de ese elemento y compensar su pequeña dimensión.

5.2 Azoteas planas, áticos y superficies bajo cubierta

Ático, en el PGOUM 97 se regula que en ningún caso podrá ser objeto de acristalamiento la zona de terraza del retranqueo del ático.

+ Evaluación ambiental: la presencia de un espacio ajardinado en la parte superior de las edificaciones, aunque sea de uso privado, siempre es recomendable para mejo-



Balcón actual con protección solar exterior, Madrid

rar las condiciones del microclima urbano (aporte de humedad, y de oxígeno, sumidero de dióxido de carbono, y regulador de las temperaturas extremadas). El atractivo del ático es múltiple y brinda al usuario un espacio singular con vistas sobre la ciudad. Se puede aprovechar esta circunstancia para regular su construcción, incluso con ático y sobreático, en determinadas zonas urbanas, situar paneles fotovoltaicos, exigir su ajardinamiento, etc, siempre que no reduzca la incidencia solar de las plantas más inferiores, o de los edificios colindantes.

5.2.1 Las construcciones auxiliares cerradas en áticos con materiales ligeros

+ Evaluación ambiental: Cualquier construcción espontánea es mala porque está incontrolada. Aunque se pueda considerar que esta construcción protege el piso inferior y que pudiera convertirse en un invernadero aprovechable energéticamente, es imposible determinarlo a priori, si no se regulan sus materiales constructivos, forma, etc. Un invernadero de vidrio recalienta el piso inferior en verano extraordinariamente. Además habrá que considerar que se aumenta la obstrucción solar sobre la fachada enfrente de la calle.

La superficie bajo cubierta

+ Evaluación ambiental: La cubierta es el cerramiento del edificio que más radiación recibe en verano y que está



Balcón actual con contraventanas, Madrid

más expuesto a las heladas en invierno. Por ello el cuidado y mantenimiento de la cubierta debe ser máximo.

+ Ideal bioclimático: El ideal de la cubierta (no de la superficie bajo cubierta) es el de una cubierta ventilada o vegetal con un fuerte aislamiento conductivo. Si no responde a ninguno de los modelos anteriores, el aislamiento conductivo debe estar situado lo más al exterior posible. Para el aprovechamiento del bajo cubierta será necesario el adecuado aislamiento en invierno y ventilación en verano para garantizar confort y mejorar sus condiciones de habitabilidad. La ocupación del bajo cubierta es indiferente para la obstrucción solar, ya que no aumenta la altura del edificio.

5.3 Terrazas y tendederos

5.3.1 Terraza

Definido en el PGOUM 97, como saliente cerrado por dos de sus lados.

+ Construcción tradicional: las terrazas eran tradicionalmente poco usuales. A partir de 1950, el Racionalismo comienza a utilizarlas como elemento compositivo, como es el ejemplo de los arquitectos Gutierrez Soto y Secundino Zuazo. Estas terrazas se caracterizaban por tener un peto opaco y no de rejería, poco vuelo, pequeñas dimensiones y características formales variables.



Azotea plana, Madrid

+ Construcción actual: se ha perdido como espacio propio y ahora es, en muchas ocasiones, incorporado al espacio del salón. Provoca disfuncionalidades ambientales si no está bien aislado en invierno o ventilado en verano.

+ Evaluación ambiental: Puede ser el elemento más efectivo a la hora de la protección solar de los huecos interiores de la terraza, dado que sus proporciones están de acuerdo con las exigencias de sombreado.

+ Ideal bioclimático: Dimensiones (máximas y mínimas) fijadas según la orientación como protección solar, sin obstruir las captaciones invernales de las fachadas. Más efectivo en arcos solares 1 y 2 con sombreados verticales.

5.3.2 La terraza tendedero de 3 m²

+ Construcción actual: están exentos del cómputo de edificabilidad por lo que se construyen siempre.

+ Evaluación ambiental: como protección solar de los huecos de la fachada es adecuado bioclimáticamente. Hay que considerar su orientación, ya que si se cierran con cristal pueden ser adecuados como invernaderos en el invierno, pero tienen que poderse ventilar y sombrear en el verano con elementos exteriores.



Terraza tendedero actual, Madrid

5.4 Soportales, marquesinas y grandes conductos de ventilación

5.4.1 Soportales

+ Evaluación ambiental: El clima de Madrid no es particularmente lluvioso, por lo que la función básica del soportal queda anulada. No obstante, es un clima muy caluroso con alta intensidad de la radiación solar en verano, que también puede resolverse con los soportales. El problema no parece plantearse tanto con relación a los peatones, como con relación a los escaparates de las tiendas, por lo que la orientación será un factor importante. Sin embargo, parece mejor solución y de acuerdo con la tradición madrileña, el empleo de la vegetación urbana como protección de las plantas bajas de los edificios, con arbolado caduco en las aceras.

+ Ideal bioclimático: No existe una gran tradición en Madrid del soportal (salvo en la plaza Mayor y alguna zona aledaña). De emplearse, donde sería más eficaz es en las fachadas orientadas a sur, y en vías suficientemente anchas como para que pueda alcanzar el nivel de suelo. Nunca a norte, tampoco a este y oeste, ya que el sol tiene alturas solares reducidas y el edificio de enfrente lo tapa; por tanto, tendría alguna justificación en arco solar 1. Habrá que considerar el



Soportales actuales, Madrid

efecto sobre el viento local, y que pueden aparecer zonas con mayor humedad en las plantas bajas y la menor evaporación de la humedad de paredes en zonas poco o nada soleadas.

5.4.2 Marquesinas

Permitidos por el PGOUM sólo con proyecto unitario de fachada, situada a una altura mínima libre de 3,40 metros, con vuelo igual a la anchura de acera menos 60 cm, espesor 15 cm. Sólo para cubrir los huecos de plantas bajas con saliente máximo 1,00 metro. No podrán verter por goteo a la calle.

+ Evaluación ambiental: pueden ser tan efectivas como los soportales.



Soportal - marquesina actual, Madrid

5.4.3 Los grandes conductos de ventilación

+ Evaluación ambiental: Estos conductos están previstos para el servicio de las instalaciones de refrigeración situadas en las plantas comerciales más bajas. No obstante, si su situación y dimensiones fueran las adecuadas, podrían emplearse para la ventilación natural de todas las plantas como una torre de ventilación o refrigeración natural.

+ Ideal bioclimático: El Plan General vigente establece que no computen edificabilidad. Su posición se debe fijar para que permita su uso, tanto para las instalaciones de climatización, como para las estrategias de ventilación natural, usándolos como chimeneas solares, (aunque en este caso para que sea efectiva es preciso que tenga unas condiciones específicas).

6

Guía de criterios bioclimáticos para edificación en Madrid

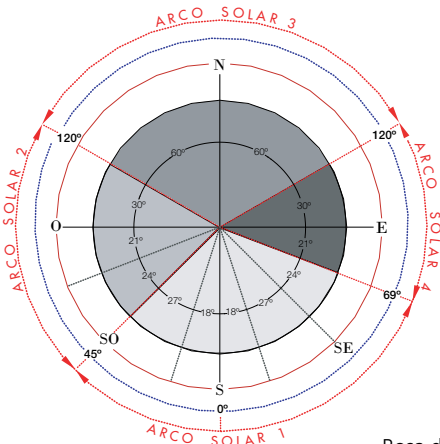
Desde el reto de la ciudad sostenible y de la eficiencia en arquitectura y urbanismo, se propone el siguiente listado indicativo, con las opciones de diseño posibles. Están estructuradas en 10 apartados, concretamente los relativos a la forma de la edificación, las condiciones de las fachadas, a los huecos y a sus protecciones, al diseño de elementos volados de las fachadas, a condiciones de

las cubiertas, a las higiénico-sanitarias, a las instalaciones y equipos, a la mejora de la accesibilidad peatonal y ciclista, a la contribución y confort del espacio publico inmediato y por ultimo a mejorar el microclima exterior.

Para guiar al proyectista se califica como ÓPTIMO los proyectos que reúnan más de 20 puntos, y como BUENO aquellos que obtengan al menos 12 puntos.

- Proyectos + de 40 puntos: óptimo
- Proyectos + de 30 puntos: muy bueno
- Proyectos + de 12 puntos: bueno

	6.1 Forma de la edificación	Puntos
	Edificación que maximice la superficie de fachada en el ARCO SOLAR 1 frente al resto de orientaciones	+ 1
	En edificaciones de Norma Zonal 1, 3 y 4, que tengan patios en los cuales se pueda inscribir un círculo mayor o igual a 5 metros de diámetro	+ 1
	Forma de la edificación que permita la ventilación cruzada interior de la vivienda	
	Fachadas contiguas	+ 1
	Fachadas opuestas	+ 2



Rosa de azimutes



6.2 Condiciones de las fachadas

Puntos

Fachadas con colores claros, coeficiente de reflectancia media mínima de 0,5	+ 1
Muros con inercia térmica que garanticen un retraso de 10 horas de la onda térmica	+ 1
Muros con colocación del aislamiento al exterior de la capa de más peso del cerramiento	+ 1



6.3 Relativo a los huecos y sus protecciones

Puntos

Edificación con una distribución de las superficies acristaladas que siga las siguientes proporciones:	+ 1
ARCO SOLAR 1 ARCO SOLAR 2 ARCO SOLAR 3 ARCO SOLAR 4 entre 30% al 90% entre el 5% al 40% entre el 5% al 30% entre el 20% al 60%	
Edificaciones con todos los huecos provistos de elementos de protección solar exterior al acristalamiento	+ 1
Edificaciones con miradores o galerías exclusivamente, dotadas con elementos exteriores que permitan su sombreado total en verano, orientadas en el ARCO SOLAR 1 La configuración de este cuerpo deberá permitir incluir en él, un elemento regulable de ventilación, independiente y no afectado por la protección (No aplicable a cuerpos volados acristalados)	+ 1



Elementos volados y protección de huecos en fachada

	6.4 Relativo a los elementos volados de las fachadas	Puntos
	Edificaciones que en la orientación ARCO SOLAR 1, el diseño de elementos volados sobre los huecos de fachada, cumpla con la siguiente proporción: Tangente $60^\circ = H/v = 1,73$ Siendo H la altura del hueco y v el vuelo recomendado	+ 1
	Edificaciones con terrazas con vuelo mayor 1,75 metros, en Normas Zonales de edificación exenta y con calles mayores a 12 metros de anchura	en el arco solar 1
		+ 3
		en los arcos solares 2 y 4
		+ 1
		en el arco solar 3
		+ 0
	Edificaciones con balcones con vuelo mayor a 50 cm, en Normas Zonales de edificación exenta y con calles mayores a 12 metros de anchura	en el arco solar 1
		+ 2
	Edificaciones con aleros sobre huecos, con un vuelo mayor a 50 cm, en Normas Zonales de edificación exenta y con calles mayores a 12 metros de anchura	en el arco solar 1
		+ 2

	6.5 Condiciones de las cubiertas	Puntos
	Edificaciones con cubierta ventilada o configurada de tal modo que permita que la radiación solar incidente no caliente las capas inferiores	+ 1
	Edificaciones con cubierta con vegetación en al menos el 25% de su superficie	+ 1
	Edificaciones con colores claros en la cubierta, con reflectancia media mínima de 0,5	+ 1



6.6 Condiciones de eficiencia higiénico-sanitarias Puntos

Edificaciones con aprovechamiento de la iluminación natural en el interior del edificio asegurando un factor de iluminación natural (FIN) mínimo del 5% en las habitaciones excluyendo las zonas de paso y distribución	+ 1
Edificaciones con acumulación y uso del agua de lluvia	+ 1
Edificaciones con reutilización de las aguas grises generadas en el edificio, para reducir el consumo de agua	+ 1
Edificaciones que aseguren, mediante procedimientos naturales o mecánicos, una ventilación permanente en la vivienda de 8 litros por segundo y persona	+ 1
Edificaciones con aparatos de bajo consumo	+ 1



6.7 Instalaciones y equipos Puntos

Edificaciones con calefacción centralizada con regulación individual	+ 1
Edificaciones con refrigeración natural	+ 1
Edificaciones con calderas de bajo consumo	+ 1
Edificaciones con centralización de agua caliente sanitaria	+ 1
Edificaciones con ascensores de bajo consumo	+ 1
Edificaciones con instalación de los equipos exteriores de aire acondicionado en cubierta	+ 1



6.8 Mejora de la accesibilidad peatonal y ciclista Puntos

Edificaciones con disposición de un acceso específico y practicable para ciclistas	+ 1
Edificaciones con un local comunitario (o un lugar acondicionado especialmente) para el aparcamiento de bicicletas, con un mínimo de 1 plaza por cada dos viviendas	+ 1
Edificaciones con el número de aparcamientos o garajes de automóviles equivalente al mínimo exigido por el planeamiento	+ 1
Edificaciones de oficinas y públicos, que tengan un local con duchas y vestuarios junto a la entrada	+ 1



6.9 Contribución al confort y seguridad del espacio público inmediato

Puntos

Edificaciones con diseño que posibilite la vigilancia natural del espacio público del entorno (visión directa desde los huecos de las fachadas a la calle)

+ 1

En edificios públicos, de empleo o equipamientos, con aceras de anchura inferior a 4.00 metros, aumentarla hasta 6.00 metros, mediante retranqueo voluntario de la planta baja, para crear áreas estanciales

+ 2

Edificaciones con plantas bajas con accesos frecuentes (al menos 1 cada 30 metros) y alto grado de transparencia de la fachada (al menos un 20%)

+ 1

Edificaciones con materiales de fachada de baja irradiación térmica en plantas bajas con fachada a espacios públicos

+ 1

Construcción de elementos fijos de uso público para sentarse, en la fachada de la planta baja, allí donde esté autorizado el retranqueo, en el interior de la línea de propiedad, al menos para cinco personas

+ 1



6.10 Mejora del microclima exterior

Puntos

Colocación de arbolado caduco

Arcos solares 1 y 2

+ 2

Arco solar 4

+ 1

Sistemas que aumentan la humedad ambiental en verano

+ 1

Colores claros de acabados superficiales

+ 1

Pavimentos permeables en el exterior

+ 1

Tabla resumen buenas prácticas

Adecuación entre ordenación y medio	+ Sol y viento como factores clave: Separación entre fachadas 1,7 veces altura edificios, en orientación sur Orientación óptima: sur +- 15°/30° Resguardo de vientos predominantes invierno Ventilación en meses de verano + Otros factores: cursos de agua, paisaje, vegetación, geomorfología
Densidad y tipologías edificatorias	+ Densidad neta 60-70 viv/ha + Diversidad de tipologías edificatorias
Variedad, identidad	+ Búsqueda de identidad + Estructuras de conexión de grandes piezas urbanas + Configuración de bordes urbanos + Consideración del plano vertical (color, textura, forma) + Estructuras de paisaje con valores de referencia: ejes, áreas de centralidad
Complejidad	+ Mezcla de usos y funciones + Espacio público seguro, soporte de itinerarios, lugar de encuentro y relación
Introducción nuevas redes urbanas-metabolismo urbano	+ Red separativa de aguas pluviales, grises y negras: Respeto del ciclo hidrológico natural Zonas verdes como transporte y laminación lluvias Maximización de pavimentos permeables Regeneración de aguas grises y pluviales Reutilización para riego y otros usos en edificios + Red urbana de agua caliente para calefacción, refrigeración y ACS Sistemas centralizados Utilización preferible de fuentes renovables + Integración en edificios y espacios urbanos de energía solar fotovoltaica + Red de recogida selectiva y transporte neumático de basuras
Estructura jerarquizada de espacios libres y zonas verdes	+ Localización en función de la topografía del terreno y respeto al drenaje natural + Jerarquía de los espacios libres, con diversidad de ambientes y funciones + Planteamiento de sistema en red que no vaya en detrimento de la aparición de un parque de barrio + Estrategia para confort térmico: exposición a radiación solar + Optimización de las necesidades hídricas

**Importancia
de la rehabilitación**

- + Rehabilitar es siempre más sostenible que edificar de nuevo
- + Supone un ahorro energético y de contaminación de un 60%

**Consideración de
los arcos solares**

- + Mayor radiación en fachada sur y cubierta
- + Fachada norte solo radiación difusa
- + Sobre calentamiento en fachada oeste

**Recomendaciones
bioclimáticas**

- + Formas alargadas en el eje Norte-Sur
- + Espacios vivideros al sur (salones y dormitorios)
- + Viviendas pasantes que permitan ventilación cruzada
- + Protección de radiación directa en fachada oeste y cubiertas, favorecer cubiertas verdes
- + Sistemas de acondicionamiento pasivo en fachadas sur, sistemas de doble piel movimiento de aire por lazos convectivos. Galerías acristaladas
- + Aislamiento térmico evitando puentes térmicos
- + Materiales con inercia térmica que permitan desfase de la onda térmica entre exterior e interior del edificio
- + Variación del porcentaje de huecos según fachadas
- + Protección de huecos mediante toldos, salientes, persianas
- + Favorecer terrazas en fachada oeste

**Elementos arquitectónicos
madrileños**

- + Mirador tradicional recomendable como captador solar en orientación sur. Mirador actual sin tabique acumulador entre invernadero y vivienda, desaconsejable en todas orientaciones a evaluar en norte por mejora de iluminación natural
- + Balcón, recomendable en orientación sur, este y oeste para sombrear hueco, mayores dimensiones que PGOUM
- + Ático, evitar construcciones espontáneas. Buen funcionamiento para aislar plantas inferiores, preferencia por ajardinamiento
- + Terraza, elemento ideal para protección solar en fachada oeste

7 Ejemplos de arquitectura eficiente en Madrid

Estrategias bioclimáticas

+ obra singular

Jardín vertical en la sede Caixa Forum
Edificio servicios sociales y de mayores José Villareal
Polideportivo Daoiz y Velarde
Espacios libres de Daoiz y Velarde
Plaza pública y edificio dotacional en calle Dulcinea
Nueva sede de Telefónica
Edificio de oficinas Trasluz
Edificio de oficinas en la M-30
Hospital La Moraleja
Centro de Investigación, Centro de día, y Residencia para enfermos de Alzheimer "Fundación Reina Sofía"
Ecobulevar de Vallecas
Parque de la Gavia
Centro Municipal de Salud San Blas
Sede Central de ENDESA
Nueva Área Terminal de Aeropuerto Madrid Barajas
Edificio Pórtico, sede de Marsans
Edificio Sanitas

+ vivienda

23 viviendas de promoción pública en calle Embajadores
Rehabilitación de promoción pública en edificio de viviendas en la calle Espíritu Santo
Viviendas de promoción pública en la calle Sombrerete
52 viviendas de promoción pública en la calle del Comercio
23 viviendas de promoción pública en la avenida Ciudad de Barcelona
68 viviendas de promoción pública en la calle Rafael Finat
93 viviendas de promoción pública en la calle de los Clarinetes
122 viviendas de promoción pública en la calle Salvador Allende
78 viviendas de promoción pública en la calle Patrimonio de la Humanidad
54 viviendas de promoción pública en la calle Navascués
53 viviendas de promoción pública en la avenida de la Perla
49 viviendas de promoción pública en la avenida de la Perla
Instalación de cubierta solar fotovoltaica en edificio de viviendas de la calle Pintor Zuloaga
Rehabilitación de promoción pública en edificio de viviendas en la calle Paterna
Rehabilitación de promoción pública en edificio de viviendas en la calle Paterna
52 viviendas de promoción pública en paseo de María Droc
Viviendas de promoción pública "Proyecto Amanecer Sunrise" en calle Valderrebollo
62 viviendas de promoción pública en el bulevar de la Naturaleza

+ ecobarrios

Ecobarrio San Francisco Javier y Nuestra Sra. de los Ángeles
Ecobarrio Plata y Castañar

Centro

Paseo del Prado 36

proyecto:
Patrick Blanc

promotor:
Fundación La Caixa

2007
2007 - 2008

proyecto
obra



El jardín vertical cubre la medianera del Paseo del Prado que cierra la Plaza previa al edificio sede de Caixa Forum, obra de Herzog & De Meuron.

Con una superficie de 460 m² y 15000 plantas de 250 especies, es el mayor jardín vertical sin huecos construido hasta ahora.

Este tipo de jardín se basa en la afirmación de su creador, Patrick Blanc, especialista botánico, que considera que el suelo es tan sólo un soporte mecánico para las plantas, y que lo que éstas necesitan para crecer es agua, sales minerales, luz y dióxido de carbono.

Funciona como aislante térmico, acústico y sumidero de CO₂. Además de estos beneficios, hay que destacar el atractivo estético que aporta al espacio público urbano.

Jardín vertical en la sede Caixa Forum



+ Plantas utilizadas autóctonas o que se adaptan bien al clima de Madrid: *Lonicera nitida*, *Yucca filamentosa*, *Cistus purpureus*, *Cedrus deodora*, *Pilosella aurantiaca*, *Dianthus deltoides*, *Arenaria montana*, *Cornus sanguinea*, *Lonicera pileata*, *Sedum alpestre*, *Campanula takesimana*, *Bergenia cordifolia* y *Garrya elíptica*.

+ El soporte del jardín consiste en una subestructura metálica fijada a la medianera, sobre la que se sitúa una capa de PVC expandido de 1 cm. de espesor, que rigidiza la estructura y garantiza la impermeabilidad del conjunto. Sobre el PVC se fija una capa de poliamida con una alta capilaridad cuya función es distribuir el agua de forma homogénea. Sobre esta lámina se desarrollan las plantas.

+ El peso del conjunto es menor de 30 kg / m².

+ El sistema de riego consiste en un tubo perforado que se sitúa en la parte superior del muro. Al agua se le añaden nutrientes. El sistema de riego y enriquecimiento del agua está automatizado.

Arganzuela

Calle Guillermo de Osma 14

proyecto:

Carmen Gil Torres, *arquitecto*

dirección facultativa:

Carmen Gil Torres, *arquitecto*
M^a Ángeles Mingot, *arq. técnico*

colaboradores:

GDL *asistencia técnica dirección de obra*
Tresi, *ingeniería de instalaciones*
Wagner, *instalación fotovoltaica*

promotor:

Ayuntamiento de Madrid

2005 *proyecto*
2006 - 2007 *obra*

+ Premio Internacional Arquitectura Sostenible
"Fassa Bortolo, edición 2008"



En la concepción de este edificio se apuesta abiertamente por la necesidad de generar energía limpia de forma generalizada en la ciudad, con el convencimiento de que esta nueva demanda, lejos de resultar un inconveniente para el resultado arquitectónico, constituye un elemento enriquecedor para el diseño, obteniendo de la implantación de los mecanismos de producción de esta energía interesantes cualidades compositivas.

El proyecto aborda la construcción de un edificio público propiedad del Ayuntamiento de Madrid y en su diseño se asume el ejercicio de la responsabilidad ejemplificadora de la Administración al construir sus propios edificios. En este proyecto se opta por la implantación de placas fotovoltaicas en fachada con el fin de mostrar las posibilidades arquitectónicas de esta tecnología, en la ciudad y en edificios representativos.

Edificio servicios sociales y de mayores José Villareal



+ Se obtiene mayor superficie de fachada, gracias a la configuración de la volumetría del edificio. Ésta es resultado de la necesidad de segregar los dos usos principales, servicios sociales y mayores, y la complicación geométrica de la parcela que lleva a la concepción de dos volúmenes independientes. De esta manera se obtiene además una superficie de fachada, es decir posibilidad de apertura de huecos, iluminación y ventilación óptima.

+ Producción solidaria de energía eléctrica de forma gratuita y con contaminación cero, que es enviada a la red general para el consumo de la ciudad, con una producción superior a la demandada por el edificio.

+ En la búsqueda de una construcción sostenible se procura una iluminación natural con control solar máximo, por lo que se dota de huecos en fachada a todas las dependencias, incluidas las zonas de paso.

+ El volumen de mayores, que debe ser más cálido se orienta al sur abriéndose mediante muro cortina, donde las placas solares se utilizan de parasol.

Retiro

Avenida Ciudad de Barcelona

proyecto y dirección facultativa:

Oscar Tusquets Blanca, *arquitecto*

Autor del proyecto

Carlos M. Díaz, *arquitecto*

Coordinador del proyecto

Elena de las Moras, *arquitecto*

Director del proyecto

Jesús Jiménez, *ingeniero de caminos*

Estructura

Manuel de las Moras, *aparejador*

María Roger, *aparejadora*

colaboradores:

FCC Construcción, *empresa constructora*

Internacional Tecair, *instalaciones de*

calefacción y fontanería

Espelsa *instalaciones de electricidad*

promotor:

EMVS. Ayuntamiento de Madrid

2001

proyecto

2004

obra

+ Diploma. Premios Construmat Arquitectura. 2005

+ Premio Códice. Madrid. 2003

+ Primer premio concurso Rehabilitación Los Docks, Madrid. 2001



Incorporación de criterios medioambientales a los impuestos por las características funcionales del edificio.

Utilización de materiales con una máxima reciclabilidad y que producen un mínimo impacto ambiental en su producción y utilización.

Técnicas activas de optimización del consumo energético. Flexibilidad en la gestión del consumo térmico y eléctrico mediante la adaptación de las condiciones térmicas y lumínicas al uso de cada zona.

Polideportivo Daoiz y Velarde



Aislamiento e inercia térmica:

+ Muros de gran espesor, mínimo 50 cm, hasta 82 cm en machones.

+ Ventanas de dimensiones reducidas.

+ Carpinterías de aluminio y vidrios con cámara de aire en ventanas de fachada y lucernarios.

Ventilación y renovación natural del aire:

+ Carpinterías practicables en lucernarios y huecos inferiores de fachada.

Iluminación:

+ Zonas deportivas: lucernarios verticales tipo shed con orientación noreste.

+ Gestión informatizada y regulación de la intensidad lumínica.

Optimización del consumo de energía:

+ 67 % mediante colectores solares térmicos para el calentamiento del ACS y del vaso de la piscina

+ 33 % caldera de gas natural

+ En verano: energía térmica residual para la refrigeración mediante sistemas de ventilación y absorción. Sistemas fre-cooling de enfriamiento gratuito.

Retiro

Avenida Ciudad de Barcelona c/v Alberche y c/v Téllez

proyecto:

José Luís Martínez Sarandeses
Andrés Martínez Gómez
arquitectos

dirección facultativa:

Andrés Martínez Gómez
Elena de las Moras Hervella
arquitectos

Carlos Martínez Gutiérrez
Manuel de las Moras
aparejadores

técnicos EMVS:

Juan Armindo Hernández Montero,
jefe de Departamento EMVS
Santiago Antolín García,
técnico control EMVS

promotor:

EMVS. Ayuntamiento de Madrid

2003 *proyecto*
2003 - 2006 *obra*

+ Mención XXI Premios de Urbanismo, Arquitectura y Obra Pública 2006 del Ayto. de Madrid, en la categoría "Urbanización, infraestructuras y otras intervenciones en el espacio público"



Con esta actuación se buscaba crear un conjunto integrado en el que primaran la mejora de los accesos a los equipamientos, la construcción de nuevos espacios de recreo y la creación de nuevos recorridos peatonales.

La calidad ambiental se consigue mediante el uso de vegetación, en concreto de árboles de sombra que protegen los espacios en los días calurosos y permiten el paso de los rayos de sol en los días de invierno.

Espacios libres de Daoiz y Velarde



+ El alumbrado proyecta una iluminación uniforme para no contaminar lumínicamente la zona.

+ Pavimento uniforme y a un mismo nivel para crear un entorno homogéneo.

+ Plantación de 145 árboles. Potenciación de su crecimiento rápido y vigoroso.

+ Aprovechamiento de las aguas pluviales para el riego natural de las zanjas de arbolado, desde donde se conducen por un sistema propio de drenaje hasta la red general.

+ Sistemas lineales de riego por goteo, con una eficacia y un ahorro máximos (mínimo caudal para máximo aprovechamiento por parte de los árboles); como refuerzo para los primeros años se instalan también anillos concéntricos.

+ Pavimentación de caminos en la zona de la calle Téllez con árido procedente de vidrio reciclado.

Tetuán

Calle Dulcinea encuentro con calle Artistas

proyecto y dirección facultativa:

Cristina Hernández Vicario, *arquitecto*
Lucila Urda Peña, *arquitecto*
Patricia Leal, *arquitecto*
Enrique Medina, *aparejador (obra)*
Ramón Sánchez, *aparejador (obra)*

colaboradores:

Patricia Lazcano, *artista dibujo chapas*
Nieves Plaza, *instalaciones*
ETESA, *estructura*
Guillermo Matamala, *ing. de Montes*

técnicos EMVS:

Antonio Acosta, *técnico control EMVS*
M^a Luz Fernández, *técnico control EMVS*

promotor:

EMVS. Ayuntamiento de Madrid

2004 - 2005 *proyecto*
2006 - 2007 *obra*

- + Tercer Premio Ópera Prima COAM 2008
- + Finalista Premios Asprima 2008
- + Primer premio concurso de Ideas EMVS 2003



La calle Dulcinea, lugar de aparcamiento y tránsito de coches se transforma en una plaza peatonal arbolada con parterres, bancos y fuentes. Se sustituye el asfalto por piedra natural y vegetación.

Al final de la plaza aparece un edificio-filtro semienterrado que contiene escalera, ascensor y espacio dotacional de uso público.

Plaza pública y edificio dotacional en calle Dulcinea



Plaza

- + Materiales- Cambio de asfalto por piedra natural de color claro para evitar el calentamiento.
- + Vegetación- Incorporación de árboles de hoja caduca y plantas aromáticas.
- + Tráfico- Eliminación del tráfico rodado no residente.

Edificio

- + Temperatura - Edificio semienterrado. Gran inercia térmica.
- + Control solar - Vidrios de fachada sombreados por chapa perforada que actúa limitando el soleamiento.

Fuencarral - El Pardo

Ronda de la Comunicación s/n
Las Tablas

proyecto:

Rafael de La-Hoz Castanys, *arquitecto*

dirección facultativa:

Pilar Anastasio, Daniel González,
Concha Peña y Félix Falcone

colaboradores:

Directores de proyecto:

Hugo Berenguer, Siegfried Bürger,
Francisco Arévalo, Miguel Maiza,
Jesús Román, Carolina Fernández y
Belén Rivera

Directores de gestión:

Rafael Quintana y Manuel Doménech

Directora de paisajismo:

Marion Weber

Master Plan:

Jesús Román, Hugo Berenguer y
Margarita Sánchez

promotor:

Telefónica de España, S.A.

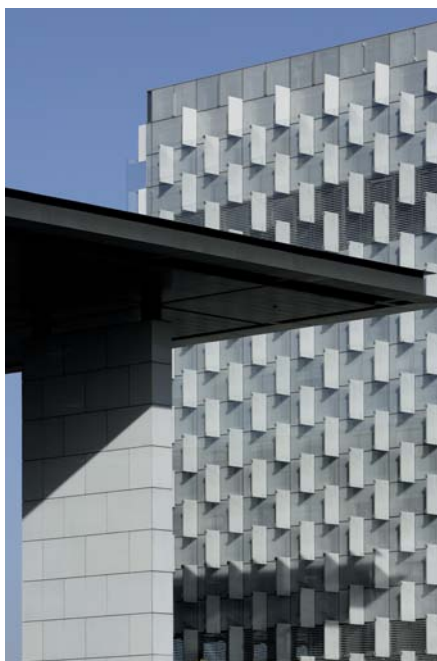
2002	<i>proyecto</i>
2004 - 2008	<i>obra</i>

+ Premio "Obra Internacional" obtenido en la XIª
Bienal de Arquitectura Argentina (Buenos Aires)



El distrito C de Telefónica utiliza dos recursos bioclimáticos: la fachada, que se construye mediante un sistema modular de doble muro cortina; y la cubierta fotovoltaica, que constituye el mayor campo de captación de energía solar europeo.

Nueva sede de Telefónica



Fachada

+ Combina cualidades filtrantes y distancias entre capas reduciendo el factor solar resultante hasta el 19 %.

Cubierta Fotovoltaica

+ Los 26.000 m² de placas solares que cubren el toldo cubierta transforman la energía solar en electricidad, 4.389.000 kw/h/año, lo que supone la reducción en 2000 Tn de CO₂ emitidas a la atmósfera.

Ciudad Lineal

Calle Golfo de Salónica 73

proyecto:

Emilio Miguel Mitre, *arquitecto*
Carlos Expósito Mora, *arquitecto*

dirección facultativa:

Emilio Miguel Mitre
Carlos Expósito Mora
Seguridad y Salud y dir. de ejecución:
MOREA & ZARAGOZA, *arq. y técnica:*
José Manuel Zaragoza, *arq. técnico*
José Miguel Morea, *arq. técnico*

colaboradores:

Arquitectos: Oscar Beade Pereda,
Juanjo Lapeña Rincón, Dario Assante
Ing. de Electricidad, Fontanería e
Incendios: Control e Ingeniería
Carlos Martínez Martínez, *ingeniero*
Ing. de Climatización: PGI GROUP
Manuel López Acosta, *ingeniero*
Celia Monge, *ingeniera*

promotor:

HOINSA (Hoteles e Inmuebles S.A.)

2000 - 2002 *proyecto*
2002 - 2005 *obra*

+ Seleccionado por el Comité del Green Building Challenge español como representante de España en la Conferencia Internacional "Sustainable Building 2005" de Tokio (Japón)



Su diseño, ejecución, puesta en marcha y optimización se orientan, para usar el clima exterior, a beneficio del clima interior.

El edificio está diseñado con elementos de protección solar y térmica en su cerramiento y con elementos de masa en el interior del edificio para que en verano se proteja del calor del sol durante el día y evacue calor durante la noche y en invierno minimice las pérdidas de calor al exterior.

Las instalaciones se diseñan para que el aporte fundamental proceda de las energías renovables, fundamentalmente la solar.

Se ha perseguido minimizar residuos de construcción, y permitir una deconstrucción final que permita reutilizar en gran medida sus componentes.

Edificio de oficinas Trasluz



- + Aislamiento de 10 cm. de lana de roca en fachadas, y 16 cm. en cubierta.
- + Parasoles móviles automatizados a fachada sudeste para evitar calentamiento, parasoles móviles manuales a noroeste para sombreado personalizado y parasoles fijos a sudoeste de dos niveles.
- + Elevado nivel de iluminación natural en el interior.
- + Estructura horizontal de forjados alveolares de hormigón armado que además actúan como parte del sistema de acondicionamiento, almacenando calor y como techo frío que favorecen la estabilidad térmica.
- + Subestructura de fachada de madera en continuo al exterior de estructura principal, con barrera de vapor al interior y lámina impermeabilizante transpirable al exterior. Permite minimizar puentes térmicos y lograr un elevado nivel de aislamiento por ser un paramento hueco.
- + 200 m² de captador solar térmico de tipo tubular de y 20 KW pico de captador solar fotovoltaico en instalación conectada a red.
- + Apoyo de producción de calor en dos caldera gemelas a gas natural de 350 kw de potencia calorífica cada una.
- + Producción de frío en máquina de absorción por agua caliente con una potencia frigorífica de 390 KW.
- + Climatizadores con recuperador de calor.
- + Ventiladores de techo de accionamiento manual.

Ciudad Lineal

Calle Ramírez de Arellano 37

proyecto:

Jerónimo Junquera, *arquitecto*
Liliana Obal, *arquitecto*

dirección facultativa:

Jerónimo Junquera, *arquitecto*
Liliana Obal, *arquitecto*
María Vallier, *aparejador*
Ángel Luis González, *aparejador*

colaboradores:

Juan M. Palacios, *director de proyecto*
OTEP Internacional. Pedro J. Blanco, *estructuras*
Úrculo ingenieros consultores
Rafael Úrculo, *instalaciones*
IDS ingenieros, Íñigo Madurga, *ingeniería de la sostenibilidad*
Ignacio Valero, *asesor iluminación*

promotor:

Colonial

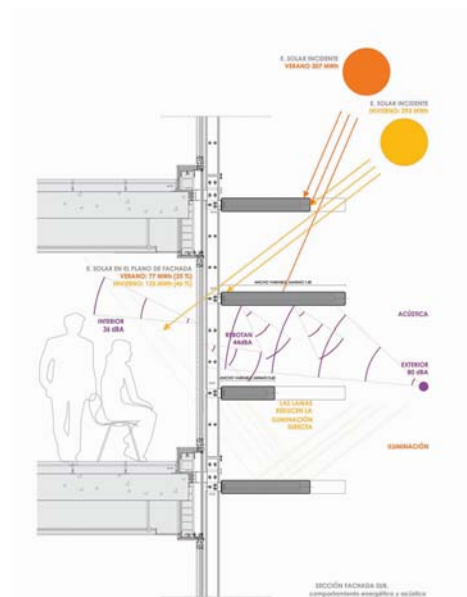
2002 - 2004	<i>proyecto</i>
2005 - 2006	<i>obra</i>

- + Distinción del COAM 2008
- + Finalista Premios FAD de Arquitectura 2007
- + Mención XXI Premios de Urbanismo, Arquitectura y Obra Pública del Ayuntamiento de Madrid, 2006
- + Finalista IX Bienal de Arquitectura Española 2005-2006



Las vistas privilegiadas y la situación frente a la M30 son los condicionantes del proyecto, que llevan a buscar la máxima transparencia de la fachada, junto con la protección frente al clima madrileño de fuerte radiación calorífica y lumínica, con el valor añadido de amortiguar el sonido, garantizando una iluminación natural difusa, sin claroscuros, y sobre todo sin las distorsiones cromáticas de los vidrios de alto control solar.

Edificio de oficinas en la M-30



Fachada diseñada con medidas pasivas, con materiales no sofisticados, de costo razonable y que no reclamen una gestión compleja y costosa: El ALERO, elemento clásico de la arquitectura popular.

Superposición de tres aleros por planta y dimensionados en función de la orientación de la fachada, para optimizar su protección en verano y la incidencia de la radiación solar en invierno. La profundidad de los aleros oscilan entre 0.60m y 1.40m.

El comportamiento del edificio en temporada de refrigeración se resume en:

- + Reducción del 62 % de la radiación solar incidente en fachada.
- + Ahorro de 108.369 Kwh de consumo eléctrico neto.
- + Reducción en 40 Tn de la emisión de CO₂ a la atmósfera.

Hortaleza

Avenida Pi y Margall 81

proyecto:

Carlos M^a Sobrini
Paloma Sobrini
Azucena González
Julián Arranz
arquitectos

dirección facultativa:

Carlos M^a Sobrini
Julián Arranz
Azucena González
arquitectos

colaboradores:

Euroestudios S.L., *consulting ingeniería*
Compech, *puesta en marcha de instalaciones*
Arce S.L., *control de calidad*
SGS Tecnos, *seguridad y salud*

promotor:

Sanitas S.A. de Hospitales

2003

2003 - 2005

proyecto

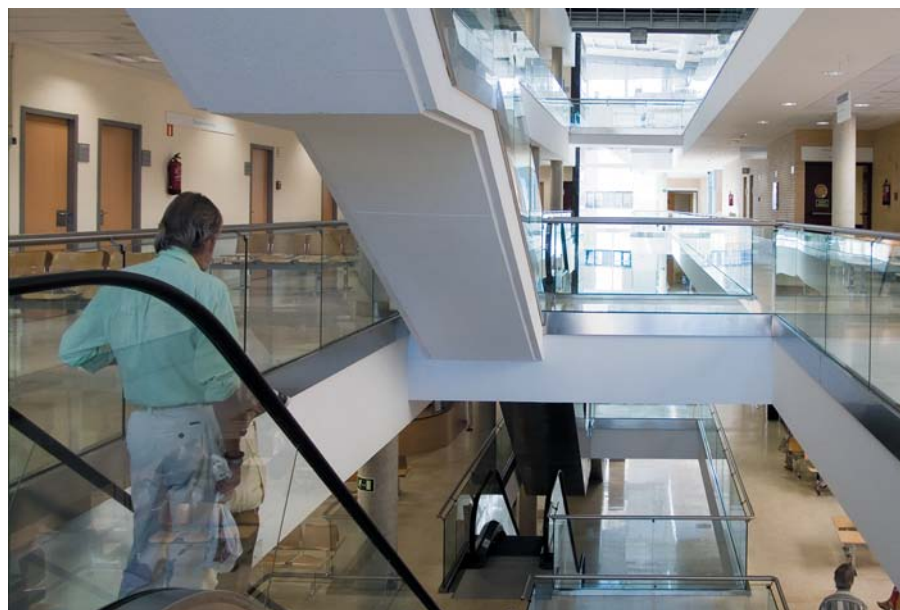
obra



El Hospital Sanitas La Moraleja ha destacado por su exigente cumplimiento de los requisitos de impacto ambiental gracias a todos los estudios previos a la construcción: estudio cartográfico, estudio del suelo, aguas subterráneas, estudio acústico, estudio atmosférico, estudio de tráfico, gestión de residuos, estudio hidrológico y estudio de xerojardinería.

A través de estos estudios se ha conseguido la disminución de todos los impactos atmosféricos y acústicos, creándose un espacio central ajardinado que actúa como *espacio colchón* para las extremas diferencias térmicas de Madrid, además proporciona un microclima agradable, que mejoran el grado hidrotérmico del aire.

Hospital La Moraleja



+ Elección bioclimática de los materiales de los sistemas constructivos y las instalaciones.

+ Elección de materiales de construcción: materia prima abundante de bajo coste de transformación y posibilidad de reciclaje.

+ Se ha evitado el uso de PVC por su alto coste medioambiental y el de aluminio, por el alto coste energético de su producción.

+ Red separativa de saneamiento: red de fecales, red de pluviales, red de salas de revelado y red de aguas contaminadas de Medicina Nuclear.

+ Paneles solares que producen el 75% del Agua Caliente Sanitaria necesaria.

+ Uso de gas como fuente de energía menos contaminante.

+ Patios interiores que garantizan adecuadas condiciones de ventilación e iluminación natural.

+ Plantas autóctonas en jardines, sistema de riego por goteo.

Villa de Vallecas

Calle Valderrebollo 5

proyecto:

Carlos Lamela, *arquitecto*
Francisco Gutiérrez, *arquitecto*

dirección facultativa:

Carlos Lamela

colaboradores:

Paula Albadalejo
Virginia Hernández
Jose Luis Segura
Javier Torrecilla
Javier Muñoz
Cristina Jorge
Fabián González
Isabel Ruiz
Miguel Ángel Cordero
Fernando Arias

promotor:

Fundación Reina Sofía. Casa Real

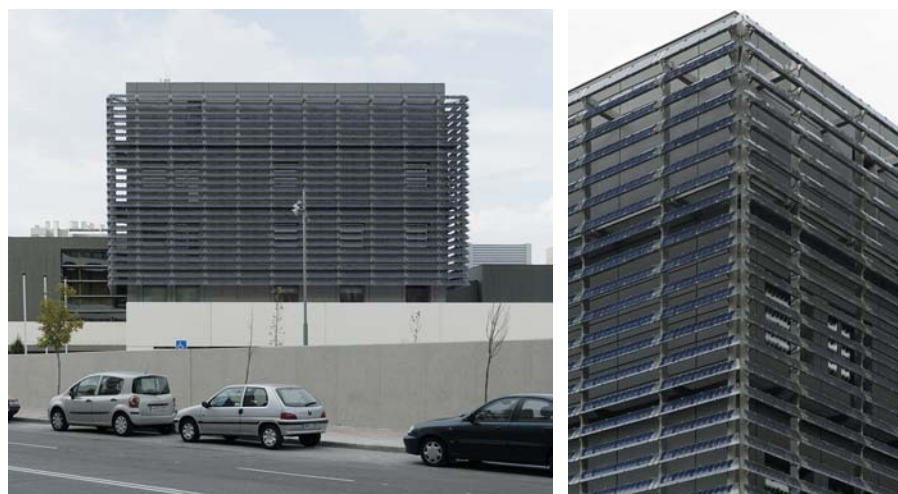
2002-2004 *proyecto*
2004-2006 *obra*

+ Mención especial Premios Instalaciones Fotovoltaicas
Comunidad de Madrid, 2007



Óptima orientación de los edificios a SE y SO, con los edificios de una planta colocados a Sur y los de dos plantas colocados a Norte, tratamiento de fachadas con más vidrio a Sureste y Suroeste y menos vidrio a Noreste y Noroeste siendo las fachadas más frías, protección solar en verano y captación solar en invierno. Una reducción de la demanda energética mediante sistemas pasivos, unos sistemas energéticamente eficientes y una muy buena integración arquitectónica de paneles solares térmicos y fotovoltaicos, junto a la selección responsable de los materiales y un buen sistema de gestión del agua son los pilares básicos de arquitectura bioclimática del Centro para enfermos de Alzheimer.

Centro de Investigación, Centro de día, y Residencia para enfermos de Alzheimer "Fundación Reina Sofía"



+ Actuaciones contra el sobrecalentamiento: Voladizos a Sureste y Suroeste y uso de elementos constructivos –cubierta, cerramiento, vidrios de control solar y color blanco de las fachadas que reducen el calentamiento del edificio.

+ Ventilación natural: La crujía estrecha del edificio facilita la ventilación cruzada gracias al empleo de ventanas opuestas y practicables. Patios interiores con vegetación y agua que refrescan los espacios interiores.

+ Tratamiento de agua: Elementos de retención de agua enterrados en los patios para prolongar el tiempo de evaporación de ésta.

+ 13 Paneles Solares Térmicos en cada unidad de vida como principal productor de ACS para todo el Centro ubicados en las fachadas de las unidades de vida e integrados como protecciones solares de los vidrios orientados a Sureste y Suroeste.

+ Paneles Solares Fotovoltaicos en la fachada del edificio Centro de Investigación para la producción de electricidad. Se trata de una doble fachada compuesta por lamas de vidrio fotovoltaico que no solo producen electricidad sino que al mismo tiempo protegen contra el soleamiento en las tardes de verano. La superficie aproximada de captación es de 320m² y una potencia de 19,90kWp.

+ Calificación energética de proyecto B.

Villa de Vallecas

Bulevar de la Naturaleza

proyecto:

Ecosistema urbano:
Belinda Tato, José Luis Vallejo
Diego García-Setién

dirección facultativa:

Belinda Tato, *arquitecto*
José Luis Vallejo, *arquitecto*
Diego García-Setién, *arquitecto*
Fernando Vasco, *arq. técnico*
Carmen Amorós, *arq. técnico*
Mercedes González, *arq. técnico*

colaboradores:

Equipo:
I. Prieto, M.E. Lacarra, D. Delgado,
D. Benito, J. Eizaguirre, P. Lucas,
A. López, A. Barredo, L. Casas, F. Pepe,
M. Moradiellos
Constantino Hurtado Tectum ing, s.l;
estructuras
IP ingeniería, *instalaciones*
Ignacio López, *botánica*

técnicos EMVS:

Ana Iglesias, Francisco Javier Rubio,
dirección de proyectos de
innovación residencial

promotor:

EMVS. Ayuntamiento de Madrid

2004-2005 fase I
2006-2007 fase II

+ Premio Arquía Próxima 2008
+ Mención honorífica premios Asprima 2006
+ Seleccionado muestra Fundación A. Camuñas 2006
+ Holcim Foundation for Sustainable Construction 2005



La propuesta tiene por objeto el acondicionamiento bioclimático del Bulevar principal de la UE.1 del Ensanche de Vallecas, un espacio exterior de 467.500m².

Se trata de una experiencia innovadora de diseño urbano que pretende mejorar el confort ambiental, promover el intercambio social y ser más sostenible que los modelos convencionales de crecimiento de la ciudad.

Los criterios medioambientales y de sostenibilidad subyacen en todas las determinaciones del proyecto: los materiales empleados (en su mayoría de origen reciclado) la utilización de energías alternativas, la climatización por sistemas pasivos, la optimización de los recursos, el carácter social o la nueva disposición asimétrica de las vías de tráfico rodado.

Ecobulevar de Vallecas



Tres pabellones o árboles de aire funcionan como soportes abiertos a múltiples actividades elegidas por los usuarios. Instalados como prótesis temporales, se usarán sólo hasta que la tara de inactividad y de acondicionamiento climático, se haya corregido. Transcurrido el tiempo suficiente, estos dispositivos deberían desmontarse, permaneciendo los antiguos recintos como claros en el bosque.

El árbol de aire es una estructura ligera, desmontable y autosuficiente energéticamente, que sólo consume lo que es capaz de producir mediante sistemas de captación de energía solar fotovoltaica. La venta de esta energía a la red eléctrica genera un superávit en el balance anual, que se reinvierte en el mantenimiento de la propia infraestructura.

Los sencillos sistemas de climatización instalados en los árboles de aire, son de tipo evapotranspirativos, aplicados frecuentemente en invernaderos. Esta práctica aerotécnica o acondicionamiento artificial, no forma parte de una estrategia comercial, antes bien trata de desligar el binomio ocio-consumo, y reactivar el espacio público, creando entornos acondicionados (8-10°C más fresco que en el resto de la calle, en verano), en los que el ciudadano forme de nuevo parte activa del espacio público.

Villa de Vallecas

Avenida del Mayorazgo s/n

proyecto:

Toyo Ito Spain & Associates S.L.
Gazapo - Marquerie, *arquitectos*

dirección facultativa:

Dario Gazapo de Aguilera, *arquitecto*
Antonio Marquete Tamayo, *arquitecto*
Carmen Amorós Prados, *arq. técnico*

EMVS Innovación residencial:

Juan Armino Hernández Montero
Carmen Amorós Prados

colaboradores:

Luís Tejero - Mikiko Isikawa,
Ingenieros de Paisaje
NB 35, *instalaciones*

promotor:

EMVS. Ayuntamiento de Madrid

noviembre 2006 proyecto
obra actualmente en ejecución



El proyecto parte de la toma de conciencia del agua como recurso natural valioso, inconsistente y vulnerable en las regiones del sur de Europa debido a su irregularidad térmica e hidrométrica, y al mismo tiempo de su reconocimiento como factor determinante para la calidad de vida de las ciudades.

De esta manera, se pretende la definición de un “sistema de depuración de agua reciclada” que, integrado en el futuro Parque de la Gavia, dará servicio a un nuevo desarrollo residencial de la ciudad actualmente en ejecución.

Se plantea la Integración del ciclo de agua como factor determinante de la ordenación y diseño espacial de las futuras zonas verdes y espacios libres del nuevo barrio.

El proyecto implanta un sistema de humedales (o estanques artificiales) para la regulación, acumulación y refino de las aguas residuales.

Parque de la Gavia



+ Definir una estrategia hídrica local adaptada al sistema local de zonas verdes que utilizará las láminas y corrientes de agua para ligar física y funcionalmente la ciudad “los paisajes del agua”.

+ Purificación del agua mediante humedales vegetales. Favorecer el drenaje natural de los suelos para propiciar la máxima recarga de las reservas de agua subterránea.

+ Almacenaje superficial del agua mediante colectores pluviales y estanques.

+ Desarrollo de experiencias piloto de redes separativas de aguas pluviales para su posterior tratamiento en depuradora y devolver el agua reciclada al sistema.

+ Recuperación del caudal ecológico del Arroyo de la Gavia. Protección de zonas arboladas y suelos permeables para el equilibrio y recarga del régimen hídrico. Protección de humedales y acuíferos.

+ Aprovechamiento de láminas de agua y fuentes como reguladores térmicos.

+ Situación de edificios y suelos impermeables en zonas altas para que el agua de recogida drene hacia las zonas inferiores donde pueda ser recargada. Creación dentro del parque de un Aula Ambiental y un Centro de Investigación para el estudio de los ecosistemas como una experiencia real.

San Blas

Calle Pobladura del Valle 11

proyecto:

estudio entresitio:

María Hurtado de Mendoza Wahrolén

César Jiménez de Tejada Benavides

J. María Hurtado de Mendoza Wahrolén

arquitectos

dirección facultativa:

María Hurtado de Mendoza, *arquitecto*

César Jiménez de Tejada, *arquitecto*

J. María Hurtado de Mendoza, *arquitecto*

J. Carlos Corona, *arq. técnico*

David Gil Crespo, *arq. técnico*

colaboradores:

Jorge Martínez Martín

Laura Frutos Campelo

Vincent Rodriguez

Fabrice Quemeneur

Filipe Minderico

Clara Rodríguez

Marco Plazogna

Geasyt SA, *instalaciones y estructuras*

promotor:

Madrid Salud. Ayuntamiento de Madrid.

2005

proyecto

2006 - 2007

obra

+ VI Premio cerámica de arquitectura e interiorismo

+ Primer Premio en los XXII Premios de Urbanismo, Arquitectura y Obra Pública del Ayuntamiento de Madrid, 2007, en el apartado "Edificio destinado a uso distinto de vivienda"



El programa del centro de salud de San Blas se desarrolla de manera extensiva en una sola planta baja. Las distintas dependencias del programa se ordenan generando una parrilla ortogonal irregular poco densa, donde 13 patios se distribuyen al tresbolillo entre las estancias públicas y privadas siguiendo tres (no)-corredores paralelos.

Se antepone la imagen hermética y pesada al exterior al espacio abierto y ligero del interior. La necesidad de luz se resuelve perforando el edificio sólo por arriba y la idea de pesadez se refuerza con una textura rugosa formada por encofrado de tablas de madera horizontales, de modulación precisa.

Edificio hermético al exterior, fachadas totalmente ciegas siendo toda la iluminación interior e incidencia del sol al interior a través de pequeños patios. Esta atomización de las entradas de sol al interior del edificio, permiten una gran iluminación interior de carácter homogéneo, no jerárquico.

Centro Municipal de Salud San Blas



+ Estructura compositiva mediante patios:

11 patios de 3,80 x 3,80 m.

2 patios a de 3,00 x 5,00 m. dando directamente a zonas comunes de espera.

+ La iluminación natural se obtiene exclusivamente a través de los patios interiores:

a) consultas; la mayoría abren luces con huecos menores 0,90 x 2,50m a los patios, huecos orientados preferentemente a E y N. Cuando están orientados a S y O los huecos están protegidos exteriormente por un árbol o por un muro. Por el interior están protegidos con un cortina tipo screen blanco traslúcido.

b) zonas de espera, son espacios de mayor altura interior 3.50m.

+ Los corredores de circulación que conectan las zonas comunes de espera, reciben mayoría de la incidencia solar directa.

+ Un árbol frutal y pavimento de grava blanca en el interior de cada patio para suavizar la incidencia del sol.

+ Captación solar: 30m² placas solares.

Barajas

Calle Ribera del Loira 60
Campo de las Naciones

proyecto y dirección facultativa:

Rafael de La-Hoz Castanys, *arquitecto*

Equipo de Arquitectura:

UTE: KPF-Rafael de La-Hoz – Prointec

J. Manuel García Álvarez

director de ejecución

colaboradores:

Energía y Medio Ambiente:

Prointec-Rafael Úrculo

promotor:

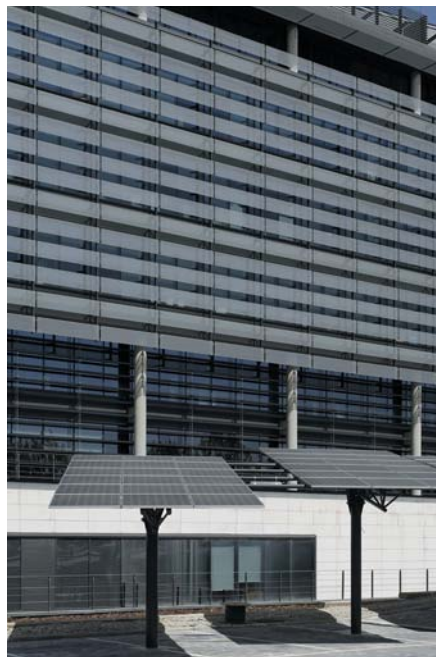
Endesa S.A.

1998 *proyecto*
1999 - 2003 *obra*

- + Premio Calidad, Arquitectura y Vivienda 2005 de la Comunidad de Madrid
- + Premio "American Architecture Awards 2004" concedido por el Chicago Atheneum
- + Mención XVIII Premios Urbanismo, Arquitectura y Obra Pública 2003 del Ayuntamiento de Madrid en el apartado "Arquitectura Bioclimática"



Sede Central de ENDESA



- + Sistema de ventilación natural a través del patio y cubierta.
- + Control energético y solar del edificio: control del clima interior mediante el diseño de la cubierta y sistema de protecciones de fachada. Climatización pasiva del edificio y del atrio, minimización del uso de sistemas mecánicos.
- + Atemperamiento del clima en el espacio del atrio: Aporte de aire exterior, impulsado por conductos subterráneos. Aprovechamiento de la inercia térmica del propio edificio y el terreno sobre el que se asienta.
- + Vestíbulo principal y "puentes" entre los dos bloques edificados: Circulación de agua, actuando por radiación térmica en estas zonas.
- + Instalaciones diseñadas para un eficaz consumo energético y control de emisiones. Modularidad: empleo de la capacidad instalada en función de las condiciones externas y uso real del edificio. Control centralizado de todos los parámetros de funcionamiento para ajustar su comportamiento.
- + Sombreamiento en el plano superior de cubierta: rejillas de tramex y lamas motorizadas de aluminio anodizado que permiten regular para cada estación del año la luminosidad e incidencia solar en el interior del edificio.

Barajas

Aeropuerto de Barajas

proyecto:

Estudio Lamela + Richard Rogers

director de obra:

Carlos Lamela, *arquitecto*

colaboradores:

INITEC+TPS

promotor:

AENA, Ministerio de Fomento

1998 - 1999 *proyecto*

2000 - 2005 *obra*

- + Premio al mejor Aeropuerto del año AECI, 2008
- + RIBA Awards
- + RIBA Stirling Price
- + BCIA Awards
- + Finalista premios FAD
- + European Airport of the Year, Institute of Transport Management (ITM) Británico, 2006
- + FX Awards Artificial lighting design for Barajas
- + Mejor aeropuerto del año, Revista Wallpaper, 2006
- + XX Premios de Urbanismo, Arquitectura y Obra Pública del Ayuntamiento de Madrid, 2005
- + Istrate Award for Commercial or Retail Structures
- + AIA/UK Excellence In Design Award NAT
- + Reconocimiento del Instituto de la Ingeniería de España como "Mejor proyecto de ingeniería 2005"
- + Chicago Athenaeum International Award
- + Finalista de la IX Bienal Española de Arquitectura y Urbanismo
- + ULI Awards for Europe



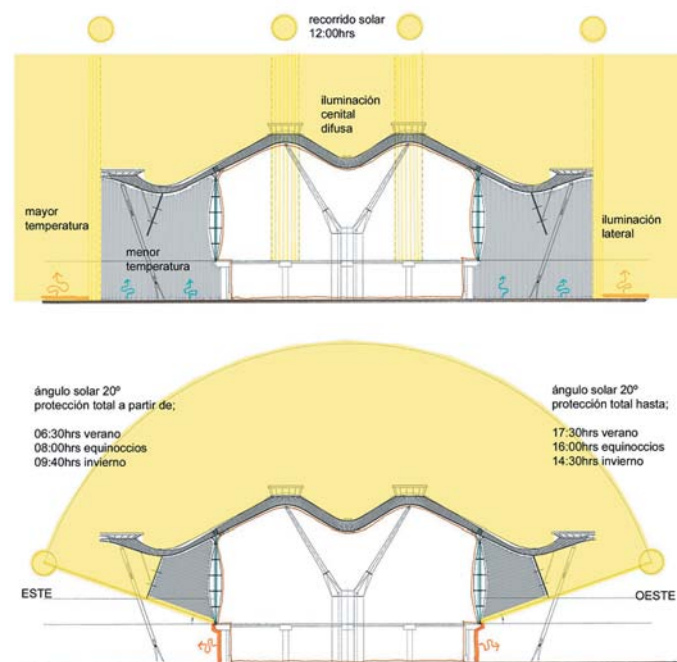
Los objetivos de diseño fueron la flexibilidad compositiva, la claridad, la iluminación natural y el concepto de paisaje.

Las estrategias bioclimáticas de este proyecto han sido: la inercia térmica de los edificios de aparcamiento, el paisaje y la vegetación, la ventilación natural de los edificios de aparcamiento, la cubierta ecológica y las medidas pasivas de protección solar e iluminación natural.

Las estrategias de eficiencia energética se han concentrado en las instalaciones del edificio (sistema de climatización por desplazamiento).

Los materiales utilizados en este edificio han sido hormigón, acero, vidrio, bambú y piezas cerámicas. Todos estos son materiales reciclables y con contenido reciclado. Parte de los materiales recuperados de la demolición inicial se han reutilizado para crear los accesos rodados al edificio terminal.

Nueva Área Terminal de Aeropuerto Madrid Barajas



- + Cubierta ecológica en el edificio de aparcamiento.
- + Medidas pasivas de protección solar: voladizos de cubierta en las fachadas Este y Oeste y parasoles como segunda piel en las fachadas, de doble celosía de tubos de acero cuya separación favorecen una protección total según avanza el día.
- + Protección total en los lucernarios ovales contra la radiación directa.
- + Recogida eficiente de aguas pluviales mediante sistema sifónico Fullflow que reduce el número de bajantes y sustituye el PVC por polipropileno expandido de alta densidad.
- + Utilización de materiales reciclables entre los que destaca el bambú, material cuya recogida no daña el bosque (220.000 m² colocados).
- + Recuperación de 18.000 Tn de material recuperado como base granular de los viales de acceso. Componente del firme con un nivel de tráfico de categoría TO Y T1.
- + Medidas para reducir los niveles de consumo de iluminación y climatización: Sistema de climatización por desplazamiento: necesidad de un menor caudal de aire, se potencia el uso de enfriamiento gratuito y el consumo de energía para enfriamiento es menor.

Barajas

Avenida de los Andes
Campo de las Naciones

proyecto y dirección facultativa:

Rafael de La-Hoz Castanys, *arquitecto*

Equipo de arquitectura:

Rafael de La-Hoz Castanys y SOM

(Skidmore, Owings & Merrill)

Arquitectura técnica:

GOP Oficina de Proyectos S.A.

colaboradores:

Directores de Proyecto:

Manuel Doménech, Pilar Penacho,

Fernando de la Fuente, Antonia Salvá y

María Gamero, *arquitectos*

Ingeniería Energética y Medioambiental:

Aguilera Ingenieros

Paisajismo: Luis Vallejo

promotor:

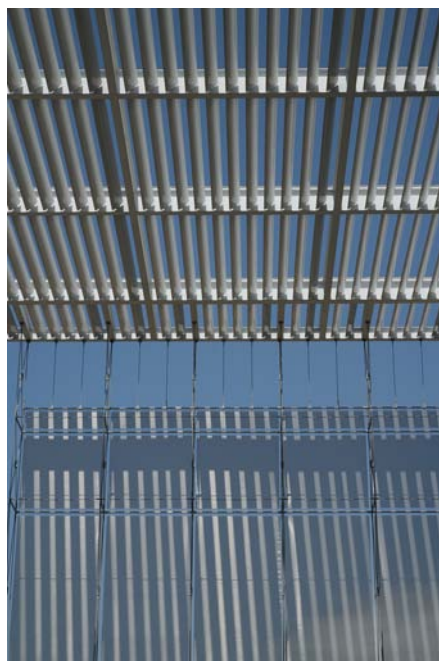
Hines-Monthisa (UTE)

2002 *proyecto*
2003 - 2005 *obra*

+ Premio MIPIM 2007 al Mejor Edificio de Oficinas
(The Best Office Building in 2007 by MIPIM Award
(The Main International Real Estate Forum))



Edificio Pórtico, sede de Marsans



+ Reducción del impacto ambiental. Configuración en forma de "H". Compartimentación flexible y modular. Cortina metálica exterior en cubierta y pantallas solares de las fachadas Este y Oeste, permiten la visión y el paso de la luz natural a la vez que apantallan la radiación directa.

+ Fachadas. Todos los elementos que la componen logran una elevada protección acústica que también se logra con la colocación de techos absorbentes.

+ Sistemas centralizados que aprovechan los excedentes de unas zonas en beneficio de otras.

+ Incorporación de sistemas de enfriamiento naturales mediante la entrada de aire exterior.

+ Prohibición del uso de materiales como PVC o maderas naturales. Eliminación de materiales interiores con alto contenido de volátiles o alta retención de polvo.

+ Consecución de tasas de ventilación elevadas con recuperación de energía mediante los sistemas de enfriamiento naturales.

Barajas

Calle Ribera del Loira 52

proyecto:

Ortiz.León, *arquitectos*
Íñigo Ortiz Díez de Tortosa
Enrique León García

dirección de obra:

Vicente Rubio Alonso

colaboradores:

Davis Langdon (EDETCO), *project Manager*
B.D.S.P. London, *ing. medioambiental*
Antonio Carrión & Asociados,
ingeniería instalaciones
OTEP internacional, *ing. estructuras*
Arceval, *paisajismo*
ENAR, *fachadas*
Margarida, *acústica*

promotor:

Sanitas de Inversiones, S.L.

1997 - 1998 *proyecto*
1998 - 2000 *obra*

- + Premio al edificio de Oficinas más innovador en 2003
- + Premios calidad. Arquitectura y vivienda Comunidad de Madrid en 2002. Premio a la innovación
- + Premio al mejor edificio bioclimático en 2001 otorgado por el Ayuntamiento de Madrid
- + Premio de Urbanismo, Arquitectura y Obra Pública en 2000. Premio a la arquitectura bioclimática



Los criterios de diseño del Edificio Sanitas favorecen un importante ahorro energético que llega a ser superior al 40%, debido no sólo al aislamiento térmico y orientación Norte-Sur del edificio sino también a los sistemas de control ambiental y a la utilización de los patios como “colchones energéticos” en épocas intermedias, como “invernaderos” en invierno y como “colchones aislantes en verano”. También hay eficiencia en ahorro de agua al tener todos los aparatos de los aseos mecanismos de bajo consumo, y el agua caliente de los aseos se calienta con el calor del aire acondicionado 24h del centro informático del edificio. Por otro lado toda la jardinería es de muy bajo consumo. Eficiencia en la selección y utilización de los materiales, ya que han sido elegidos por su proximidad a la obra y su capacidad de ser reciclados o recuperados. Hay que hacer notar que el edificio se encuentra “libre de yeso” ya que este material en una futura demolición adulteraría el hormigón y este no podría reciclarse.

Edificio Sanitas



- + Orientación Norte Sur y forma que no obstruye los vientos dominantes.
- + Gran inercia térmica, fachadas ciegas transventiladas que autodisipan el calor, fachadas N y S, alto grado de aislamiento térmico en fachadas.
- + Arquitectura prefabricada de fácil desmontaje y futuro reciclaje.
- + Iluminación: todos los espacios cuentan con iluminación natural, sistemas inteligentes de iluminación y luminarias de bajo consumo.
- + Patios interiores que favorecen la ventilación natural. Sótanos con ventilación natural.
- + Marquesinas y terrazas con función de protección solar.
- + Dispositivos de agua de bajo consumo, agua caliente de recuperación del calor del A.A.
- + Preinstalación de paneles fotovoltaicos.
- + Materiales: uso de materiales locales, único material metálico: acero inoxidable reciclado, uso de polietileno de alta densidad, uso de madera de reforestación nacional y piedras nacionales, moquetas reciclables y aislamientos naturales de lana de roca (basalto).
- + Terrazas y cubiertas ajardinadas.
- + Jardinería: Caudal mínimo de riego, previsión de planta de compostaje.
- + Auditoría energética anual, edificio abierto: visitas medioambientales concertadas.

Duplicación de la mayor parte de los elementos envolventes del edificio como medida para lograr un mantenimiento económico: doble fachada, doble cubierta, doble techo.

Incorporación de dobles y triples orientaciones por vivienda y sus consiguientes ventilaciones cruzadas.

Formalización de un patio propio que sumado al ya existente de la corrala colindante mejora su iluminación, su soleamiento y aprovecha la sinergia de ambos espacios arbolados.

Centro

Calle Embajadores 52

proyecto y dirección facultativa:

Carmen Espejel Alonso,
arquitecto director del equipo:
Antonio Miranda, *doctor arquitecto*
Concha Fisac, *arquitecto*
Borja Martín, *arquitecto*
Mónica Miranda, *arquitecto*
Cristina Hernández, *arquitecto*
Lucila Urda, *arquitecto*
María Rodríguez, *arquitecto*
Esteban Crespo, *arq. de interiores*
Jose M^a Huete-Huerta, *arq. de interiores*
Syra Abella, *estudiante de arquitectura*

colaboradores:

Aplen s.l. *estructuras*
V y H arquitectos, *instalaciones*
Enrique Medina, *arq. técnico*
Ramón Sánchez Hombre, *arq. técnico*
Gonzalo García, *arq. técnico*
José Manuel Arenas, *arq. técnico*

técnicos EMVS:

Javier Gómez, Javier Villasante

promotor:

EMVS. Ayto de Madrid

2001 proyecto 2002-2004 obra

- + Mención Honorífica en los Premios Ateg de Galvanización 2006
- + Distinción COAM 2005
- + Mención XIX Premios de Urbanismo, Arquitectura y Obra Pública 2004 del Ayto. de Madrid
- + Seleccionado en los Premios FAD 2005
- + Mención en el Primer Concurso de Ideas sobre las experiencias de cambio y las tipologías de futuro de la Vivienda Social CSCAE y Ministerio de Fomento 2003
- + Concurso restringido EMVS 23 viviendas para realojo en C/Embajadores. Primer Premio. 2000



23 viviendas de promoción pública en calle Embajadores



Protección de fachada:

+ Galería metálica exterior de 0,80 m. con suelo de acero galvanizado estirado en frío y contraventanas correderas del mismo material pero con distinta apertura y espesor.

+ Galería interior acceso viviendas de 3,00 m. con suelo y barandillas de acero galvanizado estirado en frío. Instalaciones registrables sobre bandeja de acero estirado en frío.

+ Fachada de bloque de termoarcilla de 30x19x29 cm. con revoco de cal al exterior y guarnecido y enlucido interior.

Estancias en orientación correcta:

+ Salones y dormitorios hacia orientación Este y Sur.

+ Cocinas y algún dormitorio hacia el patio.

+ Dúplex con tres orientaciones: sur, este, oeste.

Centro

Calle Espíritu Santo 23

proyecto y dirección facultativa:

Ignacio Lliso Aranguren
Julián Manzano-Monís Caruncho
José María Mateu Máñez,
arquitectos
Roberto Rañó Piñeiro,
arquitecto técnico

técnicos EMVS:

Juan Risueño Neila,
Jefe de Departamento EMVS
Victoria Peña Rodríguez,
Técnico de Producción EMVS
Ignacio Lliso Aranguren
Julián Manzano-Monís Caruncho
José M^º Mateu Máñez

promotor:

EMVS. Ayuntamiento de Madrid

Las necesidades de realojo dentro del programa social de la EMVS y el apoyo a los programas de rehabilitación de Áreas de Rehabilitación Preferente, hacen necesario abordar obras en los edificios con el fin de eliminar infraviviendas y asegurar su estado físico y adaptándolos a las necesidades actuales de vivienda y a la normativa vigente.

Las viviendas se sitúan alrededor de un patio central tipo corrala que sirve de acceso e iluminación a las viviendas que no dan a fachada y de un núcleo central de escaleras.

Rehabilitación de promoción pública en edificio de viviendas en la calle Espíritu Santo



+ Rehabilitación de inmuebles.

+ Dotación al edificio de paneles solares para la generación de energía eléctrica, situados en la cubierta inclinada en la vertiente al patio.

+ Minicentral de sistema fotovoltaico de conexión a la red: sistema que aprovecha la energía del sol para transformarla en energía eléctrica que vierte a la red convencional para que pueda ser consumida por cualquier usuario.

+ Sistemas de gran fiabilidad y larga duración. Bajo mantenimiento, fácil instalación. Su orientación e inclinación deben ser óptimas para captar la máxima energía solar a lo largo del año.

2002 - 2005

obra



El material que predomina en la fachada exterior es la piedra caliza dispuesta en vertical, para incrementar la esbeltez del edificio y un gran ventanal que ocupa toda la dimensión de la casa, separado 60 cm de la piel caliza.

La fachada posterior al patio, se construye también con un muro cortina de vidrio con una cámara ventilada sobre el muro de fábrica aislado al exterior con paneles de fibra de vidrio acabados con aluminio, lo que produce un efecto de resplandor y luz en el patio que contrasta con el resto de las medianeras de los vecinos en el patio.

En ambas fachadas se dan cámaras de ventilación para evitar el sobrecalentamiento de estas y rebajar el gasto energético. Un sistema de acumuladores y paneles solares permite calentar el agua sanitaria.

Centro

Calle Sombrerete 14

proyecto:

Álvaro Soto Aguirre
Francisco Javier Maroto Ramos
sotomaroto (Solid arquitectura s.l.)

dirección facultativa:

Álvaro Soto Aguirre
Francisco Javier Maroto Ramos
Carlos Mínguez, *colaborador*
José Carlos de Vicente, *aqt. técnico*

colaboradores:

Concurso:
Fernando Muñoz, Sergio Sebastián,
Guillaume Henry
Proyecto:
Sergio Sebastián, Cristina Romero,
Iris Jiménez
Paisajismo:
sotomaroto, maremoto paisajes s.l.
Beatriz Lombao, *paisajista*

Estructuras:

Jofemar

Instalaciones:

Ciasa-PGIgrup

técnicos EMVS:

Victoria Peña, Natalia Blanco

promotor:

EMVS. Ayuntamiento de Madrid

2004 *proyecto*
2005 - 2008 *obra*

+ Primer Premio del Concurso Restringido de Ideas
organizado por la EMVS



Viviendas de promoción pública en la calle Sombrerete



+ Ventilación cruzada en las viviendas-patio: Crujía de vivienda de 13.65 m.

+ Protección solar de huecos:

- + Dimensiones de los huecos a sur: 500 x 260 cm.
- + Dimensiones de los huecos a norte (patio) 140 x 140 cm.
- + Ancho de la galería interpuesta 60 cm (huecos de 900 x 300cm).
- + Material de protección de la galería: piezas de piedra natural, tipo cabra, 230 x 28 cm de 4 cm de espesor.

+ Situación de las estancias:

- + Estancias y tendederos a sur.
- + Dormitorios, cocina y baños a norte (patio).

Arganzuela

Calle del comercio

proyecto:

Álvaro Soto, *arquitecto*
Francisco Javier Maroto, *arquitecto*
(Solid arquitectura s.l.)

dirección facultativa:

Á. Soto Aguirre, F.J. Maroto Ramos,
arquitectos
Lidia Fernández, *colaboradora*
Pedro Solana, *arq. técnico*

colaboradores:

Jefes de equipo: F. Muñoz, L. Fernández
Equipo: U. Fogué, C. Palacios,
M. García, D. del Pozo, G. Calzada,
I. Cuervas-Mons
Paisajismo: sotomaroto (maremoto
paisajes s.l.) Beatriz Lombao, *paisajista*
Gabriel López, *arquitecto técnico*
Estructuras: Jofemar
Instalaciones: Geasyt S.A.

técnicos EMVS:

Adela Secades, Gerardo Mingo

promotor:

EMVS. Ayuntamiento de Madrid

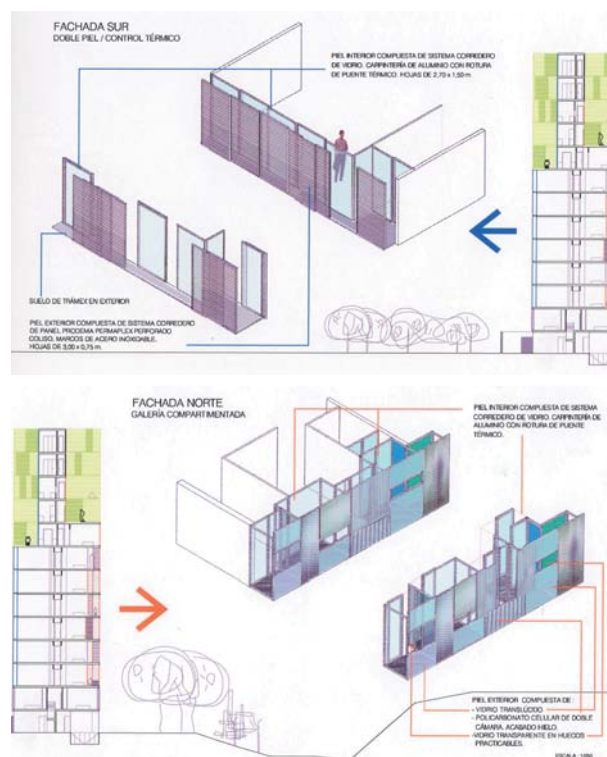
2005 - 2006 *proyecto*
2006 - actualmente *obra*

+ Primer Premio del Concurso Restringido de Ideas
organizado por la EMVS



La envolvente del edificio se ha proyectado con un sistema constructivo unitario que permita optimizar los rendimientos energéticos y la calidad ambiental de las viviendas. Las fachadas se adaptan a cada orientación con mayor o menor apertura de los huecos; al Sur, la fachada se construye con un sistema de regulación solar y térmica constituido con tubos de polietileno; y al Norte se construye también con esta doble fachada pero con menor densidad de los tubos en la fachada exterior cuya utilidad es convertirse en un "colchón acústico" que protege las viviendas del tráfico ferroviario cercano de Atocha.

52 viviendas de promoción pública en la calle del Comercio



- + Ventilación cruzada en las viviendas:
- + Crujía de vivienda de 10.50 m.
- + Protección solar de huecos.
- + Dimensión de los huecos a sur 160 x 88 cm.
- + Dimensión de los huecos a norte 95 x 150 cm.
- + Ancho de la galería interpuesta 100 cm.
- + Material de protección de la galería:
 - La piel de la galería esta compuesta por:
 - + Vidrio traslúcido.
 - + Policarbonato celular de doble cámara. Acabado hielo.
- + Situación de las estancias:
 - + Estancias, cocinas, tendederos a sur.
 - + Dormitorios a norte.

Retiro

Avenida Ciudad de Barcelona
c/v Arregui y Aruej

proyecto:

Cano Lasso Arquitectos

dirección facultativa:

Cano Lasso Arquitectos
Isidro Fernández Blanco (Apartec),
arquitecto técnico

colaboradores:

Luis Pancorbo Crespo

técnicos EMVS:

Javier Gómez
Javier Villasante

promotor:

EMVS. Ayuntamiento de Madrid

1997

concurso

2000 - 2003

obra



Se plantea un plan de volúmenes para dar forma a las distintas alturas exigidas en las ordenanzas; con ello, un factor que pudiera ser negativo, si no se controla debidamente, se convierte en un hecho positivo al realizar los desniveles compensando las masas volumétricamente.

La dificultad compositiva estriba en hacer un bloque que obligadamente debe escalonarse desde las seis plantas admitidas en Avda. Ciudad de Barcelona hasta las tres plantas máximas de la calle Trueba. Se ha tratado de sacar partido volumétrico a estos escalonamientos de la fachada de manera que el volumen general quede tallado con un sentido de intención escultórica.

23 viviendas de promoción pública en la avenida Ciudad de Barcelona



Un muro tenso de hormigón prefabricado se escalona contra el cielo ofreciendo una mayor masa volumétrica en la Avda. Ciudad de Barcelona. Es en ésta fachada donde se percibe una gran retícula cúbica, de hormigón in situ, con grandes huecos hacia mediodía. Esta solución resuelve la captación o protección solar, dependiendo de la época del año, en un sistema parecido al "Helios" propugnado por el racionalista Wladimiro Acosta. Los vanos de esta retícula parasol son huecos acristalados que quedan protegidos por contraventanas plegables de acero galvanizado. La apertura o cierre de las mismas generan ritmos aleatorios y distintos grados de opacidad en una fachada cambiante.

Latina

Calle Rafael Finat 56

proyecto:

Alberto Martínez Castillo, *arquitecto*
Beatriz Matos Castaño, *arquitecto*

dirección facultativa:

Matos-Castaño, *arquitectos*
Alberto López Díez, *arquitecto técnico*

colaboradores:

Enrique Barrera
Pablo Jiménez
Martina Schülter
Alejandra Martínez de la Riva
Valladares Ingenieros

técnicos EMVS:

Juan Rubio, Francisco Cortés

promotor:

EMVS. Ayuntamiento de Madrid

2001 *proyecto*
2003 *obra*

- + Premio Calidad 2005. Modalidad de edificios de viviendas con Protección Pública
- + Distinción por el Colegio Oficial de Arquitectos (COAM) a la Obra de los Arquitectos 2005
- + Mención CSCAE y el Ministerio de Fomento. 2004
- + Finalista Premio FAD de Arquitectura e Interiorismo 2004. Apartado de Vivienda. Barcelona
- + Premio "Asprima-Salón Inmobiliario de Madrid"
- + Premio de Urbanismo, Arquitectura y Obra Pública 2003 Ayuntamiento de Madrid, XVIII edición



El edificio recoge la sabiduría popular de la vivienda tradicional en España, la proposición de protección en el tratamiento de huecos, a través de diversos sistemas, según las orientaciones, y la topología de vivienda interior enriquecen el confort térmico.

El color del edificio, así como los dúplex, la totalidad de las viviendas de ventilación cruzada, son estrategias bioclimáticas.

68 viviendas de promoción pública en la calle Rafael Finat



+ Persiana de lamas de aluminio: orientable y proyectante, permite que actúe como reja y protección en pisos bajos, así como toldo o tamiz, en verano, ante su posición proyectante. Homogeniza el tratamiento de la ventana proporcionando calidad al conjunto.

+ Contraventana plegable de Naturvex: Esta pieza se dispone en la zona norte y oeste en un tipo de hueco más reducido, con una cámara de aire debida a la fachada transventilada.

+ Desintegración del patio de manzana: El tratamiento del bloque de una forma escultórica, lleva a que todas las estancias de las viviendas sean exteriores, facilitando la ventilación, soleamiento, y vistas de las mismas.

+ Correcta orientación: El mayor número de las viviendas están orientados salones y dormitorios a sur, dejando las cocinas, y baños a norte ambos con luz natural.

+ Dúplex: la localización de los dúplex este-oeste permite que las estancias de la vivienda estén mejor orientadas, según sean dormitorios o estares.

El edificio es un paralelogramo de 100 x 45 metros orientado Norte-Sur que limita por el oeste con un nuevo parque urbano y por el Norte, Este y Sur con edificios de viviendas similares.

Dada la colindancia al futuro parque urbano y la orientación Norte-Sur de la parcela, el edificio adquiere una forma compacta que aprovecha la máxima altura permitida de tal manera que cada una de las viviendas sean pasantes con doble orientación Este-Oeste.

Las viviendas se abren a un jardín en cada orientación. Para mitigar la exposición al sol en ambas fachadas se generan dos galerías protegidas por contraventanas de bambú. Este espacio hace posible la vida al exterior cuando el clima lo permite.

Carabanchel

Calle de los Clarinetes 9-21
calle Tubas 2

proyecto y dirección de obra:

Equipo Foreign Office Architects:
Farshid Moussavi
Alejandro Zaera Polo; junto con:
David Casino, Leo Gallegos,
Joaquim Rigau, Caroline Markus,
Nerea Calvillo

colaboradores:

Jesús Hierro, JHS Proyecto
de *Estructuras y Arquitectura*, S.L.
Alfonso Cuenca
FASEVEN, *ingeniería eléctrica*
Raúl Heranz S.D.C., *ing. telecomunicaciones*
ASETECNIC, *ingeniería mecánica*

técnicos EMVS:

Luis Serrat, Gerardo Mingo

promotor:

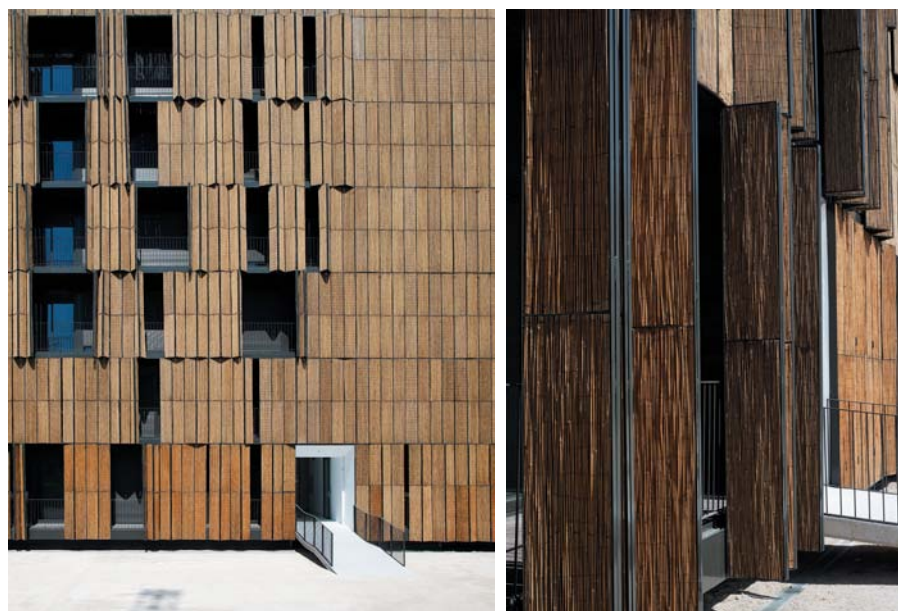
EMVS. Ayuntamiento de Madrid

2005	<i>proyecto</i>
2007	<i>obra</i>

+ Mención XXII Premios de Urbanismo, Arquitectura y Obra Pública del Ayuntamiento de Madrid, 2007 en el apartado "Edificio de nueva planta destinado a vivienda"



88 viviendas de promoción pública en la calle de los Clarinetes



- + Orientación de la vivienda hacia parques colindantes.
- + Viviendas pasantes orientación Este - Oeste.
- + Interposición de galerías de 1,5 m. de anchura entre el exterior y el interior.
- + Galerías protegidas de la exposición solar con contraventanas de bambú.

Carabanchel

Calle Salvador Allende

proyecto:

Mónica Alberola Peiró
Consuelo Martorell Aroca
arquitectos

dirección facultativa:

Mónica Alberola Peiró
Consuelo Martorell Aroca
arquitectos

técnicos EMVS:

Javier Gómez
Javier Villasante

promotor:

EMVS. Ayuntamiento de Madrid

2001

proyecto

2004

obra

- + Mención XIX Premios de Urbanismo, Arquitectura y Obra Pública del Ayuntamiento de Madrid, 2005
- + Seleccionado para los premios Fad 2005
- + Seleccionado para los premios Enor 2005
- + Primer Premio en Concurso Restringido COAM/EMV 2000



La buena arquitectura ha sido siempre bioclimática, donde nunca olvida el contexto, el clima, la luz, la topografía y que recupera valores que van mas allá de lo visual. La parcela limita al norte con el casco y es contigua al este con el gran parque del PAU, esta afortunada posición resultó básica para su ordenación. Renunciando a lo definido por el planeamiento, implantamos el edificio como si se tratara de una esfinge: dos bloques paralelos de tres alturas, alineados a las calles, se rematan con una pastilla independiente de siete alturas que cierra el lado norte. Esta importante decisión de reducir la altura en los lados largos permite al conjunto y a las edificaciones vecinas disfrutar de un máximo soleamiento y de la visión y apertura hacia el parque.

En el interior, las anchas pasarelas, a modo de terrazas, consiguen crear unos espacios atractivos, capaces de ofrecer una extensión exterior de la casa, además de modular y cualificar el jardín comunitario. Todas las viviendas tienen dos orientaciones diferentes lo que permite una buena ventilación.

122 viviendas de promoción pública en la calle Salvador Allende



+ Ventilación cruzada: edificio de siete alturas: fondo edificado 11 m., edificio de tres alturas: fondo edificado 13,40 m. con patio de 3 x 3 m. en el centro de la vivienda para reforzar la ventilación cruzada.

+ Protección de huecos: el bloque de siete alturas actúa como pantalla del Norte, creando espacios exteriores habitables al sur, los estares se sitúan hacia interior mirando al jardín comunitario; fachada sur: marquesina horizontal de 1 m. con celosía vertical de fábrica, manteniendo así su unidad formal, fachadas interiores al patio: se disponen los estares con amplios huecos de 2.40 x 2.00 m. a una profundidad de 50 cm. de la fachada.

+ Captación solar en fachada Norte: dormitorios con huecos de 1.00 x 2.40 m.

+ Diseño racional de estructura e instalaciones: la estructura de pórticos paralelos a fachada, se ha proyectado del modo más racional posible permitiendo el máximo aprovechamiento del garaje y del jardín de planta baja; todas las instalaciones generales del edificio discurren verticalmente por muros técnicos practicables en su recorrido desde el garaje hasta la cubierta, lo que facilita su mantenimiento y eficacia.

Carabanchel

Calle Patrimonio de la Humanidad

proyecto:

Jacobo García-Germán, *arquitecto*

dirección facultativa:

Jacobo García-Germán, *arquitecto*
Manuel Caicoya, Ignacio López-Dóriga,
aparejadores

colaboradores:

Alberto Sánchez, María de Célis,
Consuelo Díaz, Olimpia Merry del Val

técnicos EMVS:

Luis Serrat, Gerardo Mingo,
Óscar García

promotor:

EMVS. Ayuntamiento de Madrid

2003 *proyecto*
2003 - 2006 *obra*

+ Primer premio en concurso EMVS. Octubre 2002
+ Mención XXI Premios de Urbanismo, Arquitectura
y Obra Pública del Ayto. de Madrid, 2006



Posicionamiento selectivo: La totalidad de la construcción se concentra en el perímetro del solar, produciendo un volumen pantalla que delimita un amplio recinto exterior y protegido.

Asociar edificio a espacio libre: Extensa superficie de jardín, siempre soleado; la existencia de viviendas está asociada a la prolongación de éstas en espacios libres capaces.

Montaña: Acumulación de escombros de obra y de metros cúbicos de excavación en el centro de este espacio exterior y transformados en una topografía lúdica, natural y artificial.

Red / fachadas: Volúmenes envueltos por la "red" o trama abstracta, capaz de producir efectos de pérdida de escala, reflejos y transparencias pero también de responder al soleamiento distinto de cada fachada y a una correcta distribución de huecos.

78 viviendas de promoción pública en la calle Patrimonio de la Humanidad



+ Orientación / ventilación / soleamiento: Única crujía de 10,50 metros que permite disponer la totalidad de las viviendas con doble orientación, soleamiento directo (sur), y ventilación cruzada. Disposición de paneles solares en cubierta.

+ Membrana solar permeable: El "interface" o filtro entre vivienda y jardín se materializa en una membrana permeable, hueca y profunda. Esta membrana "solar" es una franja continua de 1,20 metros de anchura, a modo de terraza, galería o tendedero, que también protege del exceso de soleamiento.

+ Baños en fachada: Al menos un cuarto de baño por vivienda con iluminación y ventilación directa.

+ Circulaciones y flexibilidad: Todas las distribuciones permiten circulaciones variadas en su interior: dobles, triples, galerías, espacios intermedios, pasos alternativos, etc. Esto resulta importante en viviendas generalmente pequeñas y donde el favorecer la privacidad en el uso facilita la convivencia y el disfrute de la casa.

Usera

**Calle Navascués, 4;
avenida Popular Madrileña y
calle Fitero 3**

proyecto

Guillermo Yáñez, *arquitecto*

dirección facultativa:

Guillermo Yáñez, *arquitecto*

Julián Rico A, *arq. técnico*

colaboradores:

Lydia Yáñez López del Amo, *arquitecto*

Jorge Aylagas, Sergio García

Jesús Chomón (ETESA), *estructuras*

Miguel Carrasco, *ing. telecomunicaciones*

técnicos EMVS:

Luis Serrat, *nueva edificación*

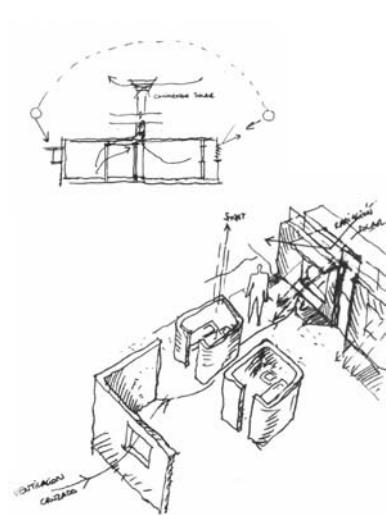
Francisco Rubio, *innovación residencial*

promotor:

EMVS. Ayuntamiento de Madrid

Los conceptos bioclimáticos que se han aplicado suponen una cierta adaptación del edificio al clima tanto en su envolvente, captando o rechazando la energía solar y regulando la ventilación natural selectiva; como en la distribución interior de las viviendas según las distintas orientaciones. Por otra parte, las técnicas de ahorro de energía incluyen, desde la aplicación de un sistema de aislamiento térmico exterior hasta un sistema centralizado de calefacción y agua caliente con colectores solares. Como consecuencia de este ahorro energético, en calefacción y agua caliente, reducimos la factura energética, así como las emisiones de CO₂ a la atmósfera.

54 viviendas de promoción pública en la calle Navascués



+ Distribución de las viviendas con orientación selectiva: estancias de día a Sur y dormitorios a Norte.

+ Ventilación natural cruzada (viviendas con doble fachada).

+ Tratamiento selectivo de fachadas diferenciando sistemas de captación, protección solar y tamaños de huecos según su orientación.

+ Muros con aislamiento térmico exterior y masa térmica al interior.

+ Ventilación adicional por chimenea aprovechando el efecto Venturi en viviendas con fachada este-oeste.

+ Se ha previsto un patio con cubierta vegetal autóctona para mejorar las condiciones microclimáticas principalmente en verano.

+ En cuanto a las instalaciones de calefacción y agua caliente se ha propuesto un sistema centralizado con caldera de gas natural modular y colectores solares planos en cubierta.



Se planteó una integración de medidas técnicas de modo que contribuyesen a definir la forma del edificio y constituyesen su expresión evidente.

Si bien la estrategia básica de ahorro energético se basa en tres premisas: inercia térmica, aislamiento y ventilación, que se cumplen para todo el edificio, cada fachada adopta una configuración particular en función de su orientación y situación urbana, pudiendo aportar según el caso algún concepto adicional.

En el exterior, el cuerpo principal es robusto conformado por paneles colgados de hormigón, y complementariamente elementos “volados” ligeros en aluminio. En el interior, tratamiento “blando”, plantas, transparencias y paneles baquelizados.

Usa

Avenida de la Perla 17, 19, 21 y 23
Avenida de San Fermín 2

proyecto:

Fernando Maniá Buono, *arquitecto*

dirección facultativa:

Fernando Maniá Buono, *arquitecto*

Joaquín Lezcano, *arq. técnico*

Ildefonso Coaca, *arq. técnico*

colaboradores:

Lucas Piquer, David Mena,

Feli Escudero, Antonio Cano,

Giovanni Santini, Enrique Larrumbide

Emilio M. Mitre, *coordinador externo*

Joaquín Lezcano, *estructuras*

Carbonell ingenieros, *instalaciones*

técnicos EMVS

Carlos Expósito, Luis Serrat,

EMV nueva edificación

Manuel Blasco, Almudena Fuster,

EMV innovación residencial

promotor:

EMVS. Ayuntamiento de Madrid

53 viviendas de promoción pública en la avenida de la Perla



+ Ordenación - el patio: patio único de la mayor dimensión posible, con acceso único desde el exterior a modo de atrio; mejora de la ventilación y mayor aprovechamiento solar.

+ Escalonamiento de volúmenes: los cuatro volúmenes se escalonan en sentido creciente siguiendo el recorrido solar, para conseguir un mejor aprovechamiento de su energía.

+ Cada fachada adopta una configuración particular en función de su orientación y situación urbana.

+ Sistema activo de captación solar: el sistema cubre las necesidades totales de ACS y un porcentaje se utiliza como apoyo a la calefacción. Paneles captadores situados en cubiertas inclinadas sobre los bloques norte y sur.

+ Chimeneas solares: Permite ventilar en las horas en las que el aire exterior está más fresco. Se disponen rejillas regulables en las viviendas conectadas a los conductos verticales que rematan en las chimeneas situadas en cubierta.

+ Mecanismos económicos de control de gasto de agua, lámparas de bajo consumo y cristales de baja emisividad. Calderas de condensación por gas natural.

Usera

avenida de la Perla 25 y 27
calle Oteiza 2

proyecto:

Mario Muelas Jiménez (AUIA)
Agustín Mateo Ortega (AUIA)
arquitectos

dirección facultativa:

Mario Muelas Jiménez (AUIA)
Agustín Mateo Ortega (AUIA)
Jesús Fernández, arqto. técnico
Oscar Celis, arqto. técnico

colaboradores:

M^a Isabel Gómez, Ana Cayuela,
Beatriz Diego, Irene de Castro,
Jacobo Muelas, *arquitectos*
Luis Álvarez Ude, Manuel Macías,
Mathias Shuler, *eficiencia energética*
Carmen Valencia, Mar Conde,
Elena Jaramillo, David Fontanes
Emilio M. Mitre, *coordinador externo*
Jorge Conde (IDEEE), *estructuras*
Juan M. Espinosa, *CTR, instalaciones*

técnicos EMVS

Carlos Expósito, Luis Serrat
EMV nueva edificación
Manuel Blasco, Almudena Fuster,
EMV Innovación residencial

promotor:

EMVS. Ayuntamiento de Madrid



El proyecto contempla medidas de ahorro energético, incremento de confort y de respeto al medio ambiente, dentro del marco económico establecido para VPP y en este caso, en una parcela con fachadas principales orientadas a Este-Oeste y por tanto con problemas de soleamiento.

Se priman las medidas de diseño pasivo del edificio que favorezcan el cumplimiento del objetivo fijado. Se plantea una gestión integral del edificio, que combina las ventajas de las instalaciones centralizadas (rendimiento y ahorro) y la racionalización en la gestión (mediante un sistema informatizado que permite facilitar las lecturas del consumo al usuario, como el control y gestión económica y técnica de la instalación.

49 viviendas de promoción pública en la avenida de la Perla



+ Viviendas pasantes, y dúplex en aquellos casos que son posibles, con el objeto de facilitar la ventilación natural de la vivienda.

+ Ventilación natural que se introduce mediante disposición de chimeneas solares en fachada Oeste.

+ Inercia térmica y tratamiento diferenciado de las fachadas en función de sus condiciones de soleamiento y ruido. Incremento de aislamiento en las viviendas y retranqueo de huecos con protecciones en fachadas Oeste y Sur.

+ Disminución de consumo energético de ACS y calefacción mediante el incremento del aislamiento.

+ Disminución de los consumos energéticos derivados de la iluminación facilitando la iluminación natural en los espacios comunes.

+ Empleo de materiales respetuosos con el medio ambiente.

+ Medidas tendentes a disminuir los consumos de agua.

Hortaleza

Calle Pintor Zuloaga, 2;
calle pintor Antonio Saura,
13 y 15

técnicos EMVS:

Juan Armino Hernández Montero
Carmen Amorós Prados

colaboradores:

Indoor Sun S.L., *Instalaciones*

promotor:

EMVS. Ayuntamiento de Madrid

2007
2007

proyecto
obra



La producción de electricidad a partir de la captación de energía solar, es una tecnología muy conocida y difundida en nuestro país debido a la gran ayuda económica recibida de la administración en los últimos años.

El programa “Comunidades Solares” tiene como objetivo fomentar el ahorro energético y la reducción de emisiones contaminantes en nuestra ciudad y nace de la continua Innovación, Desarrollo e Investigación, que desde la Dirección de PIR se viene promoviendo en los últimos años.

La “Comunidad Solar” no es otra cosa que una instalación fotovoltaica situada en un elemento común de un edificio habitado y que tiene como fin el allegar recursos económicos para el mantenimiento del inmueble, a la vez que se pone en marcha una fuente energética no contaminante, con un índice nulo de emisiones de gases a la atmósfera.

Instalación de cubierta solar fotovoltaica en edificio de viviendas de la calle Pintor Zuloaga



+ La instalación consta de 168 paneles fotovoltaicos de 220 Wp, con una potencia total instalada de 36.960 Wp conectada a la red de Unión FENOSA.

+ La energía que se espera pueda aportar este sistema es de 51.282 Kwh al año (por el momento se van superando las expectativas de generación).

+ Producción de energía eléctrica procedente de renovable.

+ Contribución al desarrollo sostenible, reduciendo el consumo de energía y emisiones contaminantes.

+ Financiación parcial o total de los gastos de mantenimiento del edificio.

+ Autofinanciación de la instalación por la venta de electricidad a la red.

Villaverde

Calle Paterna 35, 37 y 39,
San Cristóbal de los Angeles

proyecto:

Margarita de Luxán García de Diego
Gloria Gómez Muñoz
arquitectos

dirección facultativa:

Margarita de Luxán García de Diego,
Gloria Gómez Muñoz, *arquitectos*
Martín Ramírez, *aparejador*

colaboradores:

David Landínez,
Guillermo Vizcaíno,
arquitectos
Manuel Macías,
José Manuel Gaona,
Antonio Méndez,
instalaciones
Sergio Boró,
estructura

técnico EMVS:

Santiago Antolín

promotor:

EMVS. Ayuntamiento de Madrid

- + Ganador del Concurso Europeo "Regen Link", del 5º Programa Marco de Investigación y Desarrollo Tecnológico (I+D) patrocinado por la Dirección General T.R.E.N. de la Comisión Europea
- + Edificio representante de España en la Conferencia Internacional "Sustainable Building 2005" en Tokio, del "Green Building Challenge España"
- + Premio Internacional "Isover Energy Efficiency 2007"



En el edificio rehabilitado, para conseguir una mayor radiación solar, se adosan unos miradores con forma prismática triangular a los huecos de ventana existentes en la fachada este, en los que el lado orientado a sureste es acristalado, el lado a noreste es un panel ligero aislante. En la zona opaca al interior se ha colocado un espejo, que refleja la luz que proviene de la orientación sur y la introduce dentro de la vivienda.

Rehabilitación de promoción pública en edificio de viviendas en la calle Paterna



Cerramientos

+ Se han realizado dos tipos de sistemas constructivos de fachada, una compuesta por muros de gran inercia térmica con aislamiento exterior revocado, y otra también con el aislamiento en la capa exterior, pero con cámara ventilada acabada con paneles prefabricados con resinas aplicadas sobre fibras de celulosa. El edificio consigue un nivel de aislamiento y adecuación superior en un 200% al exigible por la normativa española vigente.

Accesibilidad

+ En el bloque rehabilitado, se han incluido tres ascensores de bajo consumo, uno por cada portal y se ha procedido al derribo y reconstrucción de las escaleras de acceso a las viviendas para lograr la accesibilidad total desde la calle.

Villaverde

Calle Paterna 41,43 y 45
San Cristóbal de los Angeles

proyecto:

Margarita de Luxán García de Diego
Gloria Gómez Muñoz
arquitectos

dirección facultativa:

Margarita de Luxán García de Diego,
Gloria Gómez Muñoz, *arquitectos*
Martín Ramírez, *aparejador*

colaboradores:

David Landínez, Guillermo Vizcaino,
Ricardo Tendero, *arquitectos*
Manuel Macías, José Manuel Gaona,
Antonio Méndez, *instalaciones*
Belén Orta, Carolina Delgado, *estructuras*

técnico EMVS:

Santiago Antolín

promotor:

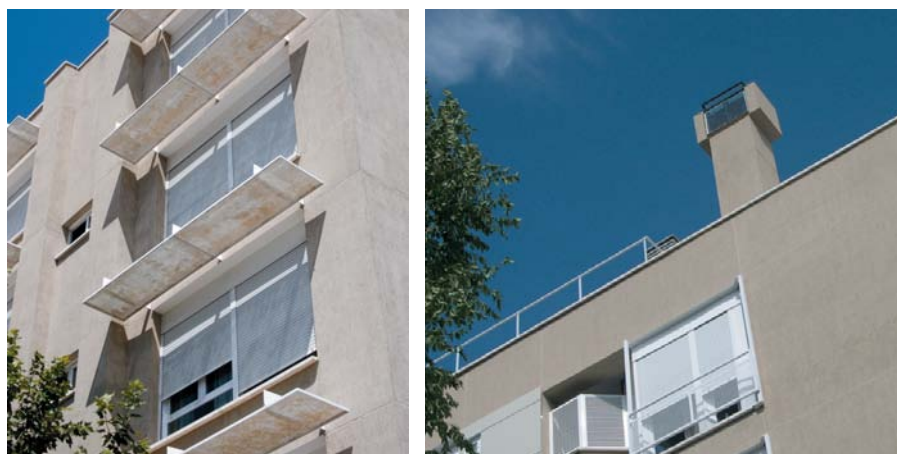
EMVS. Ayuntamiento de Madrid

- + Ganador del Concurso Europeo "Regen Link", del 5º Programa Marco de Investigación y Desarrollo Tecnológico (I+D) patrocinado por la Dirección General T.R.E.N. de la Comisión Europea
- + Edificio representante de España en la Conferencia Internacional "Sustainable Building 2005" en Tokio, del "Green Building Challenge España"



En el nuevo bloque de sustitución se ha propuesto una planta que ha permitido a cada vecino elegir distribuciones diversas: estar-comedor-cocina en un solo espacio, distintas dimensiones para estancias y cocinas, o elegir entre 1,2 ó 3 dormitorios, y con diferentes dimensiones y formas. Esto se consigue llevando el baño, la ducha, y las instalaciones conjuntas de cocina, tendedero y aseo, a las fachadas, con lo que además de actuar como "espacios tapón" aislantes, son todos exteriores y con iluminación natural, y dejan el área de la vivienda dedicada a estancias libre de elementos estructurales o conductos de instalaciones que impidan una ordenación libre y apropiada para cada tipo de agrupación o familia que habite cada vivienda.

Rehabilitación de promoción pública en edificio de viviendas en la calle Paterna



- + Ventanas captoras al sur: reciben el soleamiento en invierno, con protecciones fijas diseñadas para evitar el sobrecalentamiento, los puentes térmicos y la acumulación del aire caliente ascendente en verano.
- + Galerías de Climatización Natural: situadas en la fachada con forma de diente de sierra, que consiguen que los vidrios captadores en invierno, estén en sombra durante los meses de verano, de manera que se evita el efecto invernadero.
- + Chimeneas de refrigeración solar pasiva: Extraen aire frío de la cámara de aire de 1 m de altura situada bajo el forjado de planta semisótano gracias al calentamiento de la cabeza de la chimenea en la cubierta.
- + Entrada y zona cubierta de toma de aire para refrigeración natural: Este calentamiento provoca la extracción del aire caliente de las habitaciones a través de unas rejillas situadas en la parte alta de las habitaciones. El aire caliente se sustituye por aire frío de la cámara, que llega a las estancias vivideras a través de un conducto vertical, con una salida en la parte baja de la habitación.
- + Cerramientos: Dos tipos de sistemas constructivos de fachada: muros de gran inercia térmica con aislamiento exterior revocado, y otra también con el aislamiento en la capa exterior, pero con cámara ventilada acabada con paneles prefabricados con resinas aplicadas sobre fibras de celulosa. El edificio consigue un nivel de aislamiento y adecuación superior en un 200% al exigible por la normativa española vigente.

Villaverde

Paseo de María Droc, 13-15

proyecto:

Gádor de Carvajal
Juan Casariego

dirección facultativa:

Carvajal / Casariego, *arquitectos*
Alfredo Navarro
Fernando Vasco
Ignacio Vicente, *coordinador EMVS*

colaboradores:

Patricia Reznak
Mario Pascual
Alfredo Navarro
Fernando Vasco, *arq. técnico*
Luis Casas. ARQUING S.L; *estructuras*
Rafael Úrculo. ÚRCULO INGENIEROS,
instalaciones

técnicos EMVS:

Ignacio de Vicente
Enrique Echevarría

promotor:

EMVS. Ayuntamiento de Madrid

2001

proyecto

2002 - 2005

obra



52 viviendas de promoción pública en paseo de María Droc



+ Solución dura, clara y rotunda, en la que las piezas son rectángulos limpios, fáciles de amueblar, bien iluminadas y ventiladas, aisladas térmicamente y con unas instalaciones diseñadas para su fácil mantenimiento y control, basadas en la centralización de la producción y el uso de energías alternativas.

+ Fachada ventilada: al margen de sus buenas condiciones energéticas, permite la resolución de los huecos mediante la colocación de una cajonera metálica lacada al horno en taller, que sirve de precerco a la carpintería de aluminio, a la vez que los remata, sin necesidad de introducir tapajuntas. Solución basada en el proceso industrial, controlable, cuya puesta en obra es sencilla dada la modulación proyectada (el desperdicio de paneles es inferior al 5%).

+ Instalaciones, situadas fundamentalmente en sótano y cubierta, se han distribuido pensando en su mantenimiento y registro, utilizando patinillos verticales exclusivos, accesibles desde zonas comunes. Producción del agua caliente sanitaria con paneles solares apoyados con calderas de gas colectivas con entrada en funcionamiento en cascada, sistema que permite un notable ahorro energético, y los correspondientes depósitos de acumulación.

Villa de Vallecas

Calle Valderrebollo, 4-22 c/v
Almonte 12-20

proyecto:

Arquitectos autores:
Ortiz.León, *arquitectos*
Íñigo Ortiz Díez de Tortosa
Enrique León García
Arquitectos diseñadores:
Feildeng Clegg Bradley

dirección de obra:

Vicente Rubio Alonso

colaboradores:

Feildeng Clegg Bradley

técnico EMVS:

Carmen Amorós

promotor:

EMVS. Ayuntamiento de Madrid

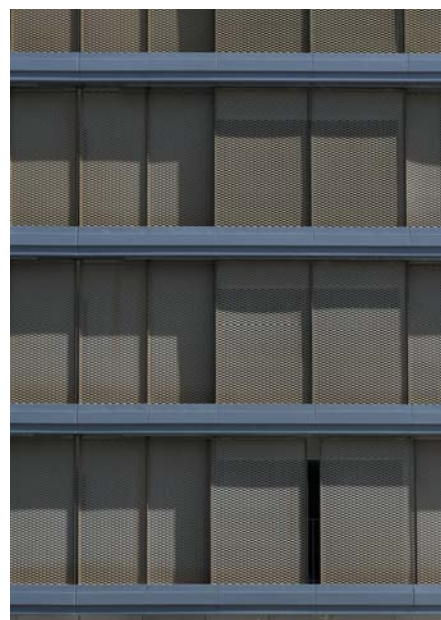
2003
2004 - 2006

proyecto
obra



La propuesta que con este edificio planteó la EMVS fue demostrar la eficiencia y la viabilidad social de la arquitectura bioclimática, incluyendo criterios urbanísticos y conceptos bioclimáticos como: disposición de los bloques en una manzana que permita el mayor aprovechamiento solar, así como de los vientos dominantes de la zona, mejoras del aislamiento térmico en fachadas y cubiertas, tratamiento diferenciado de fachadas en función de la orientación, protecciones solares a sureste y oeste, optimización de la distribución de las viviendas, que son todas pasantes, instalación centralizada con contadores individuales de calefacción y agua caliente sanitaria de alta eficiencia energética, con aporte de energía proveniente de la instalación de paneles solares, sistemas de reducción de consumo de agua, utilización de materiales de cambio de fase para mejora de temperatura de viviendas, máquinas evapotranspiradoras de mejora del clima de verano en el interior de alguna vivienda, reciclaje de aguas grises para riego, etc...

Viviendas de promoción pública "Proyecto Amanecer Sunrise" en calle Valderrebollo



+ Medidas pasivas: Viviendas pasantes, tipología de eficacia energética, patio de manzana con paisajismo sostenible y agua con intenciones evaporativas, salones aterrazados, tendederos-invernaderos en orientación sur, desviación de los vientos dominantes, iluminación natural interior en todas las estancias de las viviendas, incluso aseos, iluminación natural en zonas comunes y paneles correderos de madera de protección solar en las distintas orientaciones.

+ Medidas de ahorro energético: paneles solares para precalentamiento del agua caliente, paneles fotovoltaicos, aislamiento térmico en fachadas y cubiertas en hoja exterior, de 10 cm de espesor (superior a lo exigido en el CTE), aireadores de ventilación natural en ventanas, vidrio de baja emisividad, cisternas de bajo consumo, limitador de caudal en todos los grifos, ventilación cruzada que se aumenta mediante la apertura de ventanas y rejillas, rejillas de ventilación en todos los dormitorios.

+ Medidas de confort medioambiental: shafts de ventilación natural, sistema evaporativo de refrigeración y ventilación individual por vivienda.

+ Materiales: Piedras naturales locales, carpintería de madera FSC (75%), parquet FSC, saneamiento de polipropileno, jardinería autóctona y materiales locales.

Villa de Vallecas

Bulevar de la Naturaleza 19-29

proyecto:

Jorge Javier Camacho Diez, *arquitecto*
M^a Eugenia Macia Torregrosa, *arquitecto*

dirección facultativa

Jorge Javier Camacho Diez, *arquitecto*
M^a Eugenia Macia Torregrosa, *arquitecto*
Álvaro Rivera Artieda, *aparejador*

colaboradores:

Cristina Müller-Hillebrand
Pondio Ingenieros, *estructuras*
Grupo JG, S.L., *instalaciones*
Prasi, *constructora*

técnicos EMVS:

Gerardo Mingo
Juan Rubio

promotor:

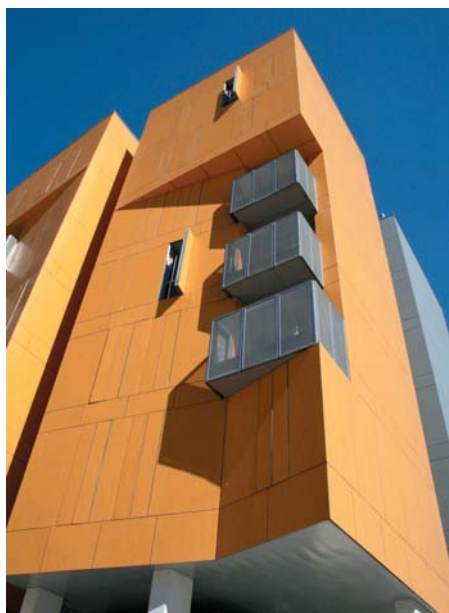
EMVS. Ayuntamiento de Madrid

2007 *final de obra*



Las viviendas se ubican en el ensanche 16 de la Villa de Vallecas, en una zona de nueva creación periurbana, donde el marco espacial de la ciudad histórica es inexistente, y donde la arquitectura no debe eludir su capacidad de crear "lugar". De este modo el edificio se muestra formalmente rotundo, intentando crear, a través de sus cualidades expresivas, entornos definidos y reconocibles que tejan la nueva ciudad.

62 viviendas de promoción pública en el bulevar de la Naturaleza



+ Disolución del bloque y máxima permeabilidad entre los espacios libres comunes y el espacio de la ciudad. La edificación se fragmenta en unidades independientes, separadas por capilares abiertos y elevadas sobre plantas bajas porticadas.

+ El bloque se coloniza con viviendas cruzadas, en una crujía fundamental de 15 metros, a partir de la cual vuelan los espacios de estar sobre el espacio natural de las zonas comunes interiores, participando intencionadamente de este. La fachada exterior, de orientación oeste, se muestra sensiblemente opaca hacia la ciudad, mientras que la fachada interior, de orientación este, se abre decididamente hacia un cuidado espacio natural interior.

+ Disposición de la vivienda en dos grandes espacios de usos día-noche, separados entre bandas inmuebles de servicios. El espacio de día (salón-comedor) ocupa la orientación este y se vincula a la banda de cocina-tendedero. El espacio de noche (dormitorios), ocupa la orientación oeste, y se vincula a la banda de usos de aseo. La disposición pretende ser flexible mediante el agrupamiento de usos no móviles (baños-cocinas...), y liberando los espacios día-noche hacia futuras variaciones en la distribución.

+ Patio interior dispuesto entre las bandas de servicios, para iluminar y despejar el espacio porticado inferior.

Puente de Vallecas

barrio San Francisco Javier y Nuestra Sra. de los Ángeles

proyecto:

Francisco Cortés
Responsable de proyecto
Dirección Nueva Edificación y
Mantenimiento

Julio Díaz
Asesor Técnico para instalaciones de
Alta Eficiencia Energética y Energías
Renovables

promotor:

EMVS. Ayuntamiento de Madrid



El Ayuntamiento de Madrid, dentro de su estrategia integrada de sostenibilidad en edificación y urbanización y de cara a mejorar la calidad ambiental, fomentando el ahorro energético y la reducción de emisiones contaminantes, a través de la EMVS, da comienzo a la construcción del primero de una serie de "ecobarrios" estudiados dentro de su término municipal. El primer proyecto tendrá la finalidad de sustituir las antiguas colonias municipales denominadas "San Francisco Javier y Nuestra Señora de los Ángeles" construidas a finales de la década de los 60.

La intervención consistirá en la ejecución de una nueva ordenación urbana de las colonias, y se construirán en el nuevo Ecobarrio, un total de 2069 viviendas, todas ellas de protección oficial, de las que entre el 30 y 40% serán en régimen de arrendamiento para jóvenes.

Ecobarrio San Francisco Javier y Nuestra Sra. de los Ángeles



- + Optimización de la orientación y soleamiento de cada uno de los bloques que componen el ecobarrio.
- + Captación de energía renovable preferiblemente mediante sistemas pasivos en la construcción de edificios. Empleo de las tecnologías más novedosas y sostenibles del momento en la construcción de los edificios.
- + Ventilación e iluminación natural del interior de las viviendas.
- + Especial atención a las inercias térmicas de los edificios.
- + Limitación de entrada y templado del tráfico rodado, fomentando las calles peatonales y los carriles para bicicletas.
- + Potenciación de la plantación de arbustos y arbolado autóctono que permita la creación de microclimas. Grandes espacios verdes creados entre edificios de viviendas.
- + Primer proyecto Europeo en el que se utilizarán Pilas de Combustible en una aplicación estacionaria para viviendas sociales.
- + Producción de energía para suministro de calefacción, ACS y electricidad al ecobarrio, mediante una central soterrada donde irán conectados en paralelo seis grupos térmicos a gas, con una potencia total de 8706 KW. Se alimentarán de biogás procedente de la valorización de Residuos Urbanos de la planta biometanizadora de Valdemingómez. Cada uno de los bloques de viviendas se irán dotando de una subcentral de bombeo y acumulación de ACS, donde se repartirá la energía térmica aportada por la acometida en calefacción y ACS.

Villaverde

Modificación Puntual del Plan General de Ordenación Urbana de Madrid, APE 17.19

proyecto:

Mercedes Martín, *arquitecto*
Silvia Villacañas, *ing. de caminos*
Juan Luzárraga, *arquitecto*
Dpto. de Actuaciones Privadas

colaboradores:

Alia, Arquitectura, Energía y Medio Ambiente s.l.
PMIngeniería.
Aiguasol Ingeniería

promotor:

Subdirección General de Planificación General y Periferia Urbana
Dirección General de Planeamiento Urbanístico
Área de Urbanismo y Vivienda
Ayuntamiento de Madrid

en fase de planeamiento



El Ayuntamiento de Madrid planifica un nuevo barrio de 2.000 viviendas y 4.000 habitantes con criterios de sostenibilidad, será otro de los ecobarrios previstos en la estrategia de sostenibilidad que se inicia desde la fase de planeamiento.

La estructura urbana se diseña tomando en consideración factores climáticos para orientar calles y edificios, criterios de confort térmico para la disposición de sus zonas verdes y con variedad de tipologías edificatorias para dotarle de una identidad propia. La densidad se incrementa para acortar las distancias y favorecer recorridos a pie y en bicicleta entre las viviendas y los equipamientos y servicios. Los edificios se diseñarán con criterios bioclimáticos.

Se planifican nuevas redes urbanas: red de calor y redes separativas de aguas, que permitirán la reutilización de aguas grises y pluviales para el riego de las zonas verdes. Los beneficios ambientales esperados respecto a un barrio convencional se estiman en un ahorro de un 25%-35% en el consumo de agua y entre un 20%-50% en la demanda de calefacción (dependiendo de los proyectos de edificios). Esto podría suponer un ahorro de energía de 1.000 Mwh/año y una reducción de 200 tn de emisiones anuales de CO₂, equivalentes a plantar 100.000 árboles.

Ecobarrio Plata y Castañar



Edificación

- + Obligatoriedad de diseños edificatorios que maximicen la fachada sur y garanticen la ventilación cruzada.
- + Separación entre edificios por condiciones de asoleo que garanticen al menos un 80% de asoleo en fachada sur, superior a dos horas el 21 de diciembre.
- + Porcentajes de huecos en fachadas según orientaciones:
18% en fachada norte; 24% en fachadas sur y oeste y este; 35% en fachada sur.
- + Fomento de las galerías acristaladas en la fachada sur.
- + Aumento de tamaño max. de salientes de cornisas y aleros del PGOUM hasta 120 cm.
- + Cubiertas ventiladas y obligatoriamente vegetales en edificios dotacionales.
- + Dotación obligatoria de local para aparcamiento de bicicletas en edificios residenciales y de equipamientos.

Urbanización

- + Incorporación a las redes tradicionales de nuevas redes: redes separativas de saneamiento (3 redes: aguas pluviales, grises y negras) con 2 depósitos de depuración de aguas grises; red de agua regenerada en el propio ámbito para el riego de las zonas verdes que se abastece de los dos depósitos anteriores; red centralizada de calor, que abastecerá de calor para la climatización y agua caliente sanitaria (preferiblemente biomasa).
- + Criterios para zonas verdes: diseño como zonas de captación y laminación de avenidas, previsión de estanques de laminación y llenado con aguas regeneradas para riego, criterios de confort térmico, soporte de itinerarios peatonales, criterios de accesibilidad.

Equipo redactor

El presente libro ha sido posible gracias al trabajo mediante convenio entre la Subdirección General del Planificación General y Periferia Urbana del Área de Gobierno de Urbanismo y Vivienda del Ayuntamiento de Madrid y la Sección de Urbanismo del Instituto Juan de Herrera de la Universidad Politécnica de Madrid. 2002-2007.

Director y coordinador de los trabajos:

Ester Higuera, doctor arquitecto. Profesora titular del departamento de urbanística y ordenación del territorio, ETSAM. UPM.

Redacción de los textos:

Sección de Urbanismo del Instituto Juan de Herrera de la Universidad Politécnica de Madrid

(por orden alfabético)

Mar Barbero, arquitecto

Capítulo 4. Buenas prácticas en la edificación:
4.1 La importancia de la rehabilitación.

Susana Díaz-Palacios, ingeniero agrónomo

Capítulo 3. Buenas prácticas bioclimáticas y de eficiencia en la escala urbana: 3.1 Criterios relativos a la adecuación entre la ordenación y el medio. 3.5 Criterios relativos a los espacios libres y las zonas verdes.

Ester Higuera, doctor arquitecto

Capítulo 1. Introducción: 1.4 El reto de la ciudad sostenible. 1.5 Del barrio al ecobarrio

Capítulo 2. Fundamentos bioclimáticos de Madrid.

Capítulo 3. Buenas prácticas bioclimáticas y de eficiencia en la escala urbana: 3.1 Criterios relativos a la adecuación entre la ordenación y el medio. 3.4.4 Red urbana de captación y producción de energía eléctrica: energía solar fotovoltaica para el vertido a la red o consumo directo en espacios y servicios públicos. 3.5 Criterios relativos a los espacios libres y las zonas verdes.

Capítulo 4. Buenas prácticas en la edificación: 4.2 Rosa de azimutes. 4.3 Recomendaciones bioclimáticas.

Capítulo 5. Buenas prácticas en los elementos arquitectónicos madrileños.

Capítulo 6. Guía de criterios bioclimáticos para edificación en Madrid.

M^a Ángeles Orduña, arquitecto

Capítulo 1. Introducción: 1.5. Del barrio al ecobarrio.

Margarita de Luxán, doctor arquitecto, catedrático del departamento de ideación gráfica. ETSAM. UPM.

Capítulo 4. Buenas prácticas en la edificación: 4.1 La importancia de la rehabilitación.

Capítulo 5. Buenas prácticas en los elementos arquitectónicos madrileños.

Capítulo 6. Guía de criterios bioclimáticos para edificación en Madrid.

Javier Neila, doctor arquitecto, catedrático del departamento de construcción y tecnologías arquitectónicas. ETSAM. UPM.

Capítulo 1. Introducción 1.3 ¿Qué es la arquitectura sostenible?.

Capítulo 2. Fundamentos bioclimáticos de Madrid.
Capítulo 5. Buenas prácticas en los elementos arquitectónicos madrileños.
Capítulo 6. Guía de criterios bioclimáticos para edificación en Madrid.

Julio Pozueta, doctor ingeniero de caminos, profesor titular del departamento de urbanística y ordenación del territorio. ETSAM.UPM.

Capítulo 6. Guía de criterios bioclimáticos para edificación en Madrid.

Manuel Rodríguez, arquitecto profesor asociado departamento de instalaciones urbanas

Capítulo 3. Buenas prácticas bioclimáticas y de eficiencia en la escala urbana: 3.4.1 Necesidad de implantación de nuevas redes. 3.4.5 Red de recogida selectiva y transporte neumático de basuras.

Emilia Román, arquitecto

Capítulo 2. Fundamentos bioclimáticos de Madrid.
Capítulo 4. Buenas prácticas en la edificación: 4.1 La importancia de la rehabilitación.

Macarena Ruiz, arquitecto

Capítulo 1. Introducción: 1.5 Del barrio al ecobarrio.

Becarios:

Mº Angeles Fernández, Carlos Slagter y
Francisco Serrano Martínez

ALIA, Arquitectura, Energía y Medio Ambiente S.L.

Carlos Expósito, arquitecto

Capítulo 4. Buenas prácticas en la edificación:
4.4 Ahorros energéticos con medidas bioclimáticas.
Caso práctico: barrio de Plata y Castañar.

Grupo de Energía y Edificación.

Universidad de Zaragoza

Jose Antonio Turégano, doctor en ciencias físicas

Angel Martinez, licenciado ciencias físicas

Capítulo 4. Buenas prácticas en la edificación:

4.4 Ahorros energéticos con medidas bioclimáticas.

Caso práctico: barrio de Plata y Castañar.

Aiguasol Enginyeria

Daniel Gonzalez i Castellví, ingeniero industrial

Emilio Rull, ingeniero industrial

Capítulo 3. Buenas prácticas bioclimáticas y de eficiencia en la escala urbana: 3.4.3 Redes urbanas de agua caliente o sobrecalentada para calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria.

PME Enginyeria/ATLANTIS S.A.

Sara Perales, ingeniera de caminos

Capítulo 3. Buenas prácticas bioclimáticas y de eficiencia en la escala urbana: 3.4.2 Redes separativas no convencionales de aguas pluviales y de aguas grises.

Subdirección General de Planificación General y Periferia Urbana

Silvia Villacañas, ingeniera de caminos

Capítulo 1. Introducción: 1.1 Objetivo de las Buenas Prácticas para Madrid. 1.2 Aportaciones de los Planes Municipales de Uso Sostenible de Energía y Gestión de la Demanda de Agua.

Bibliografía

A.A.V.V.: Libro Verde sobre el Medio Ambiente Urbano. Comisión Unión Europea. 1990.

A.A.V.V.: Programa 21 Cumbre de la Tierra Rio de Janeiro. UNCED. Capítulo cuarto. 1992.

A.A.V.V.: ICLEI Guía para la elaboración de Agendas 21. 2000.

A.A.V.V.: Guía práctica para la elaboración de Planes Municipales Sostenibles". IHOBE. Serie Programa Marco Ambiental nº 36. Vitoria. Septiembre 2004. 2004.

Ayuntamiento de Madrid: Plan de Uso Sostenible de Energía y Prevención del Cambio Climático. 2008.

Ayuntamiento de Madrid: Plan Municipal de Gestión de la Demanda de Agua. 2005.

Ayuntamiento de Madrid: Ordenanza de Gestión y Uso eficiente del Agua en la ciudad de Madrid. 2006.

A.A.V.V.: Jornadas Internacionales sobre paisajismo. Gaesa. La Coruña. 1991.

A.A.V.V.: Segundo catalogo español de buenas prácticas. Ciudades para vivir, Habitar II. Ministerio de Fomento. Madrid. 1999.

A.A.V.V.: A green Vitruvius. Principles and practice of sustainable architectural design. James & James. London. 1999.

ASENSIO CERVER, F.: Arquitectura del paisaje internacional. Edificios y el entorno. Canteras redescubiertas. Arte y paisaje. Lo urbano y el espacio público. Editorial Ganduxer. Barcelona. 1997.

BERNAL SANTA OLALLA, B (coord.): Oportunidades de desarrollo sostenible para los conjuntos urbanos históricos. III Jornadas de Geografía urbana. Universidad de Burgos. 2000.

BETTINI, VIRGINIO: Elementos de ecología urbana. Editorial Trotta, serie medio ambiente. Madrid. 1998.

BORJA, Jordi: Ciudadanía y Espacio Público. Publicado en Revista del CLAD Reforma y Democracia. Nº 12, Caracas, Venezuela. 1998.

BORJA, Jordi y CASTELLS, M. Local y Global. Editorial Taurus. 1999.

CASTELLS, M.: La era de la información. Economía, sociedad y cultura. Tomo I, La sociedad red. Editorial Alianza Editorial. S.A. Madrid. 1987.

CASTELLS, M.: La ciudad informacional. Tecnologías de la información, reestructuración económica y el proceso urbano-regional. Tomo III. Editorial Alianza Editorial. S.A. Madrid. 1989.

CLAVERS FARIAS, I.: Guía para la elaboración de estudios del medio físico: contenido y metodología. CEOTMA. Madrid. 1982.

COMISION EUROPEA: Ciudades europeas sostenibles. Informe del Grupo de Expertos sobre medio ambiente urbano. 1998.

CUCHÍ, ALBERT Y WADEL, GERARDO: "Guía de la eficiencia energética para Administradores de Fincas". Editado por la Fundación Gas Natural, 2007.

EIGEN, J.: Environmental considerations for urban and regional planning.

The environment, public health and human ecology : considerations for economic development. The World Bank, Washington D.C. Estados Unidos. 1982.

EMVS: Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo. Eco-Barrios en Europa. Madrid, España. 2005.

EMVS: Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo. Estrategia Eco-Valle. Tres proyectos para un entorno residencial sostenible en el Nuevo ensanche de Vallecas. Madrid, España. 2005.

ESCRIBANO, M Y COLABORADORES: El paisaje. MOPU. Madrid. 1986.

ESPAÑOL, I.: Obras públicas en el paisaje. Teoría para el análisis y evaluación ambiental. ED. MOPU. 1998.

FARIÑA TOJO, J.: La ciudad y el medio natural. Akal. Madrid. 1998.

FARIÑA TOJO, J. y HIGUERAS GARCÍA, E.: Turismo y Uso Sostenible del Territorio. Cuadernos de investigación urbanística nº 28. Edita Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. Madrid. 1999.

FREY H.: Designing the city: towards a more sustainable urban form. E&FN SPOON London. 1999.

GIRARDET, H.: Creando ciudades sostenibles. Ediciones Tilde, Valencia. 2001.

GIVONI, B.: L'homme, L'architecture et Le Climat Editions du Moniteur. Paris. 1978.

GONZALEZ BERNÁLDEZ, F.: Ecología y paisaje. Blume. Barcelona. 1981.

GRASA, R Y ULIED, A (ed): Medio ambiente y gobernabilidad. Diagnóstico y sostenibilidad en el Mediterráneo. Icaria editorial S:A: ICM. 2000.

HALL, P.: Ciudades del mañana. Historia del urbanismo en el siglo XX. Ediciones del Serbal Barcelona. 1996 reeditado 1998.

HARG, I.Mc.: Proyectar con la naturaleza. GG. Barcelona. 1967 reeditado 2000.

HERNANDEZ AJA, A y otros : Rehabilitación. Madrid. Gerencia Municipal de Urbanismo, Instituto Juan de herraera SPyOT. 1985.

HERNANDEZ AJA, A y otros: La Ciudad de los Ciudadanos. Ministerio de Obras Públicas Transportes y Medioambiente. Madrid. 1997.

HIGUERAS GARCÍA, E.: Urbanismo Bioclimático. GG. 2006.

HOUGH, M.: Naturaleza y ciudad. Planificación urbana y procesos ecológicos. Editorial Gustavo Gili. Barcelona. 1998.

IDAE: Instituto para la diversificación y ahorro de la Energía (2002) Manual de Diseño. La ciudad Sostenible. Publicado por Geohábitat: IDAE, Madrid, España.

JACQUES, R.: Energy Efficiency Building Standards Project-Review of Embodied Energy. 1996.

Conference Embodied energy - the current state of play, Deakin University, 28-29 November 1996, pp.7-14.

JELICOE, G Y S.: Paisaje del hombre. La conformación del entorno desde la

prehistoria hasta nuestros días. Editorial Gustavo Gili. Barcelona. 1994.

LEFEBVRE, Henri.: 1970. La Revolución Urbana. (1. Ed París: Éditions Gallimard). Ed. española: Alianza Editorial, Madrid, España. 1972.

LÓPEZ DE LUCIO, R.: Ciudad y urbanismo a finales del siglo XX. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Valencia. 1993.

LOPEZ CANDEIRA, J.: Diseño urbano: teoría y práctica. Ed. Munilla-Leira. Madrid. 1999.

LÓPEZ GÓMEZ, A. J. López Gómez, F. Fernández García y A. Moreno Jiménez: El clima urbano. Teledetección de la isla de calor en Madrid. Editado por el MOPT. 1993.

DE LUXÁN, M., VÁZQUEZ, M., MUÑOZ, G., ROMÁN, E., BARBERO, M.: "Actuaciones con criterios de sostenibilidad en la rehabilitación de viviendas en el Centro de Madrid". Editado por la Empresa Municipal de Vivienda y Suelo de Madrid, 2008.

LYNCH, K.: Planificación del sitio. Ed GG. 1975.

MARDARAS, I. & CEPEDA, M. (2004): "Cuantificación energética de la construcción", Comunicación al Foro Arca 2. Madrid: CSCAE/COAM.

MARTINEZ SARANDESES: Guía de diseño urbano. Ministerio de Fomento. Madrid. 1999.

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y URBANISMO: Diseño y Optimización Funcional de las Zonas Verdes Urbanas

Dirección General de Acción Territorial y Urbanismo de Madrid. 1982.

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y URBANISMO: Guía de la edificación sostenible. Ed. MOPU. 1999

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y URBANISMO: Habitat II Primer catalogo español de buenas prácticas. Vol. I Ed. MOPU. 1996.
Habitat II Primer catalogo español de buenas prácticas Vol II. Ed. MOPU. 1996.
Ciudades para todos. Habitat II. Tercer catalogo español de buenas prácticas. Ed. MOPU. 2001.

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y URBANISMO: Convenio de Barcelona para la protección del Mediterráneo. Ed. MOPU. 1996.

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y URBANISMO: Hacia un desarrollo sostenible. ED. MOPU. 1999.

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y URBANISMO: Principios directores para el desarrollo territorial sostenible del continente europeo. Ed, MOPU. 2000.

MOEWES, GUNTHER: "Solar, defensiv ober beides?", Detail, 3/1997. 1997.

NAES, P.: Forma urbana y consumo energético. 1996.

NAREDO, J.M.: Sobre el origen, el Uso y el Contenido del Término Sostenible Ciudades para un futuro más sostenible. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente. 1996.
Sobre la insostenibilidad de las actuales conurbaciones y el Modo de Paliarla. Primer Catálogo Español de Buenas Prácticas. Ministerio de Obras Públicas,

Transporte y Medio Ambiente. 1996.
Composición y valor del patrimonio inmobiliario en España. Madrid, Ministerio de Fomento, Serie Monografías, 85 pp. 2000.

NEILA, J.: Arquitectura bioclimática. Munilla-Leira.Madrid. 2004.

OLGYAY, V.: Design with Climate. Princeton, New Jersey. Princeton University Pres.1963.

Arquitectura y clima. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. Reeditado GG. 1999.

POU ROYO A.: La erosión. Unidades Temáticas Ambientales de la Dirección General de Medio Ambiente. MOPU. Madrid. 1988.

PRATS PALAZUELO, F.: Turismo, Territorio y Medio Ambiente. El caso del Plan Insular de Lanzarote . Medio Ambiente, Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid. 1996.

PRECEDO LEDO, A.: Ciudad y desarrollo urbano. Ed. Síntesis. Madrid. 1996.

PUJADAS R. Y FONT J.: Ordenación y planificación territorial. Ed. Síntesis. Madrid. 1998.

RAMON MOLINER, F.: Soleamiento en una Situación Urbana. Manuales Críticos de Diseño del Alojamiento Español. Volumen nº 5 Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid. 1977.

RAMON MOLINER, F.: Ropa, Sudor y Arquitecturas Editorial Herman Blume. Madrid. 1980.

RAMON MOLINER, F.: Normativa exigencial de habitabilidad en la vivienda. De-

sarrollo ordenacístico. Madrid: MOPU, Dirección General de Arquitectura y Vivienda. 1983.

RAMON MOLINER, F.: Exigencias de habitabilidad y posible normalización, en Hernández, 1985:83-92. 1985.

RODGERS, R.: Ciudades para un pequeño planeta. GG. 2001.

RUANO, M.: Ecurbanismo. Entornos Humanos Sostenibles: 60 Proyectos. Editorial Gustavo Gili. 1999.

RUEDA, S.: Ecología Urbana, Ed. Beta. 1995.

Las supermanzanas: reinventando el espacio público, reinventando la ciudad. Capítulo del libro de Usón, E.: "La Nueva Sensibilidad Ambiental. Arquitectura y Sostenibilidad en España. 2000-2005", Capsúnion Edicions. 2006.

RUEDA S.: Plan Especial de Indicadores de Sostenibilidad Ambiental de la Actividad Urbanística de Sevilla. Publicado por Ayuntamiento de Sevilla y Agencia de Ecología Urbana de Barcelona, 2006.

SUKOPP, H. Y WERNER, P.: Naturaleza en las ciudades. Desarrollo de flora y fauna en áreas urbanas. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Madrid. 1989.

TERAN TROYANO, F.: " La Ciudad y el Viento " Revista Arquitectura, Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid. 1962-1963.

REVISTA URBAN nº 3: dedicado a la sostenibilidad. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DEPARTAMENTO URBANISTICA Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO. 2000.

REVISTA URBAN nº 9: artículo de "Morfología y características de las nuevas periferias. Nueve Paisajes residenciales en la región urbana de Madrid". Ramón López de Lucio. 2003.

URBANISMO COAM nº 24, 2000.

USLE ALVAREZ, J.: Clima y Urbanismo. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. 1980.

VARIOS AUTORES: "Guía de Rehabilitación Energética de Edificios de Viviendas". Editada por la Dirección General de Industria, Energía y Minas de la CAM y por la Fundación de la Energía de la CAM, 2008.

VÁZQUEZ ESPÍ, M.: Construcción e Impacto sobre el medio ambiente: el caso de la tierra y otros materiales. Informes de la construcción, nº471, CSIC, Madrid. 2001.

VITRUBIO: Los diez libros de arquitectura. Reedición 1997. Editorial Iberia. S.A, Barcelona. 1997.

VERDAGUER, Carlos: De la sostenibilidad a los ecobarrios. Documentación Social, nº 119. 2000.

ZAHONERO I XIFRE, A.: Estudio de los factores ambientales en el Proyecto y Planificación Urbanística. La Evaluación del Impacto Ambiental. Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid. 1996.

Gestión aguas pluviales

(1) Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. Diario

Oficial nº L 327 de 22/12/2000 p. 0001-0073.

(2) WOODS-BALLARD B.; KELLAGHER R.; MARTIN P.; JEFFERIES C.; BRAY R.; SHAFFER P. (2007) The SUDS Manual. CIRIA C697. London. 1.1-25.17.

(3) VICTORIAN STORMWATER COMMITTEE (1999) Urban Stormwater Best practice environmental management guidelines, CSIRO, Melbourne, Australia.

(4) DEUTSH J. C.; REVITT M.; ELLIS B.; SCHOLLS L. (2003) DAYWATER, Report 5.1. Review of the Use of Stormwater BMPs in Europe. Middlesex University. United Kingdom. 1-98.

(5) DE FRUTOS G.; REVILLA J. A.; AZPIAZU L. M.; GARCÍA A.; VASSILEVA S.; SORIANO T.; JUANES J. A. Y ÁLVAREZ C. (1999) Modelos de prediseño de tanques de tormenta de redes de saneamiento litorales, atendiendo a la calidad bacteriológica del medio receptor. Resultados preliminares. V Jornadas Españolas de Puertos y Costas, (2):1061-1073.

(6) TEMPRANO GONZÁLEZ J.; SUÁREZ LÓPEZ J. Y TEJERO MONZÓN I. (1998) Dimensioning criteria for storm water tanks for Santander. European Water Management, 1 (4): 55-60.

(7) MUTHUKRISHNAN S.; MADGE B.; SELVAKUMAR A.; FIELD R.; SULLIVAN D. (2004) The Use of Best Management Practices (BMPs) in Urban Watersheds. US Environmental Protection Agency. Office of Research and Development. EPA/600/R-04/184. Washington. 1.1-6.16.

(8) Geohábitat © (2002) Manual de diseño. La ciudad sostenible. Ministerio de Economía. INSTITUTO PARA LA DIVERSI-

FICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA (IDAE). Madrid. 1-166.

(9) AYUNTAMIENTO DE MADRID. Ordenanza de Gestión y Uso Eficiente del Agua en la Ciudad de Madrid. Madrid. 1-108.

(10) NEW JERSEY DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL PROTECTION (2000) Manual for New Jersey: best management practices for control of nonpoint sour pollution for stormwaters. New Jersey Department of Environmental Protection, Trenton, NJ.

(11) STRECKER E. W.; QUIGLEY M.; LEISENRING M. (2007) Critical assessment of stormwater treatment and control selection issues. Implications and recommendations for design standards. Novatech 2007. Sustainable Techniques and Strategies in Urban Water Management. 6th International Conference. Lyon, France. June 2007. (1): 263-270.

