

El derecho al sol: titubeos hacia un urbanismo sostenible



The right to the sunshine:
hesitations towards town
planning sustainability

Manuel Lara-Coira
Dr. Ingeniero Industrial
Diplomado en Ingeniería Ambiental
Escuela Politécnica Superior de Ferrol

Recibido: 07/04/08 • Aceptado: 22/09/08

ABSTRACT

- Considering the dwelling as the thermal protection for the development of the human activity, the evolution of the buildings as seen from their energy needs and environmental adaptation is briefly revised.
- Then, after commenting concisely the energy role in the construction approach of outstanding contemporary authors, a higher co-operation of engineering is claimed as a must through the sustainable development of architecture and town planning.
- **Key words:** energy, sustainability, architecture, engineering, town planning.

RESUMEN

Partiendo de la consideración de la vivienda como la envolvente termoestable que permite el desarrollo de la actividad humana en muy diversos ambientes, se repasa brevemente el devenir histórico de la construcción en relación con sus propias necesidades energéticas y de adaptación al medio.

Tras comentar el papel de la energía en los planteamientos constructivos de significados autores contemporáneos, se aboga por una mayor participación de la ingeniería en los desarrollos arquitectónicos y urbanísticos como vía ya imprescindible para la persecución de la sostenibilidad.

Palabras clave: energía, sostenibilidad, arquitectura, ingeniería, urbanismo.

1.- ENERGÍA Y ARQUITECTURA

A partir del hecho irrefutable del carácter homo-térmico del ser humano, es decir, de su necesidad biofísica de mantener prácticamente constante su temperatura interna (a unos 37 °C), es evidente la necesidad de un marco ambiental termoestable para el desarrollo de sus actividades vitales.

Este marco ideal queda determinado por la temperatura ambiental, la humedad, el calor irradiado o absorbido por el contorno y la velocidad de circulación del aire, definiendo unas condiciones tales que requieran el mínimo gasto de energía para nuestra adaptación térmica a las condiciones ambientales.

En general, la arquitectura vernácula o popular, representa una respuesta adaptativa al clima del lugar, pudiendo interpretar claramente en su diseño, materiales, estructuras, espesores, cubiertas y huecos, las correspondencias más adecuadas a las solicitudes climáticas de su emplazamiento. La arquitectura tradicional se convierte, por tanto, en un importante referente de la sostenibilidad no sólo de la construcción sino también del urbanismo y, en definitiva, de la arquitectura sostenible [1].

El paso del medio rural al urbano trastocó y distorsionó el diseño climático. Por ello, es por la propia estructura urbana por dónde debe iniciarse la configuración y planificación de una arquitectura sostenible: la conocida como arquitectura bioclimática.

Con estos criterios, el diseño de ciudades y edificios debe permitir aumentar el grado de confort y habitabilidad sin por ello incrementar el consumo energético. Se admite que la arquitectura bioclimática puede reducir a la mitad nuestras demandas de energía para climatización e iluminación sin reducción de los niveles de confort a que estamos habituados [2]. La cuestión no sería excesivamente preocupante si se tratase de una actividad de poco peso en el gasto energético total, pero la edificación concentra por término medio el 40% del consumo energético total en la **Unión Europea** [3].

Conviene aclarar que el concepto de “consumo energético en la edificación” incluye

tres sumandos principales: a) la energía consumida en la fabricación de los materiales y elementos constructivos, así como en su transporte y puesta en obra, y en los sistemas de ejecución; b) el gasto energético necesario para el uso y mantenimiento de lo edificado: calefacción, refrigeración, ventilación, iluminación, transporte interior, limpieza y retirada de residuos, rehabilitaciones, etc.; y c) la energía a utilizar para el acondicionamiento del medio en el que se localiza la edificación, una vez concluida su vida útil o la capacidad de adaptarlo o reutilizarlo, hasta un estado semejante al que disfrutaba antes de ser alterado por lo construido [4].

En el devenir histórico, los avances en la racionalización energética en la edificación han sido frenados por el descubrimiento de combustibles aparentemente baratos y abundantes, como el carbón, el petróleo, el gas natural o el uranio. La comodidad e inmediatez, junto con la especulación y el despilfarro, conducen a una situación en la que resulta absolutamente imposible un desarrollo sostenible.

Civilizaciones precedentes resultaron destruidas por la imposibilidad de sostener el nivel alcanzado en su propio desarrollo; refiriéndonos a nuestro entorno próximo, ya los griegos y los romanos, con la escasez de madera, sufrieron sus crisis energéticas, adquiriendo con ellas conciencia de los límites de sus recursos de combustible.

Resulta, entonces, absurdo y patético tener que redescubrir y reinventar lo que debería haberse venido practicando en una continua evolución. Porque, efectivamente, volvemos a ser conscientes de los elevados costes ambientales, sociales e incluso económicos, de nuestra dependencia energética, y de los engañosos mecanismos que se instrumentan para disfrazar esta realidad, siendo la electricidad el caso más flagrante de esta falacia.

El aprovechamiento de los recursos energéticos renovables es la única vía que ambiental, económica y políticamente podemos permitirnos. La velocidad de su desarrollo e implantación depende tan sólo de nosotros mismos [5]. El primer paso, siempre el más difícil, consiste en ser conscientes de lo que es posible hacer.

Como reflexión necesaria, permítase un pequeño resumen histórico de las interrelaciones entre la arquitectura y las técnicas que hoy designamos como bio-climáticas.

2.- Grecia

En **Grecia**, el elevado consumo de madera, para cocina y calefacción, además de fundición de metales y construcción de viviendas y barcos, llevó a la escasez local de combustibles, agravada por un pastoreo irresponsable en el que las cabras,



alimentándose de retoños, aceleraban la destrucción de zonas madereras, de tal manera que ya en el siglo V antes de Cristo, numerosas zonas griegas se encontraban casi desforestadas: “Todas las partes más ricas y blandas de la **Ática** han desaparecido, y cuanto permanece es el esqueleto de la tierra”, se lamentaba **Platón** en el siglo IV a.C.

Desvanecidos los abastecimientos indígenas, hubo de importarse madera, regulándose el uso de ésta y del carbón de leña, llegándose incluso a establecer impuestos locales (p.e. en la **Isla de Cos**) sobre la madera destinada a calefacción doméstica.

Avanzado este siglo IV, se prohibió el uso de la madera de olivo para hacer carbón, así como la exportación de la madera de la **Ática**, mientras que el abastecimiento de **Atenas** se hacía expoliando la madera del **Asia Menor** desde **Siria** hasta las orillas del **Mar Negro**.

La respuesta griega a la escasez energética fue el desarrollo de la arquitectura solar, diseñando ciudades y edificios para un mejor aprovechamiento de la energía del Sol, ahorrando combustible. La aceptada y extendida adoración del Sol redujo posibles impedimentos culturales.

La arquitectura solar griega se basó en la variación de la posición del Sol con las estaciones. El diseño favorecía la penetración de la luz hasta el fondo de las habitaciones principales durante el invierno, sombreándolas en verano los aleros y tejados al efecto, mientras que gruesos muros de adobe protegían de los fríos vientos del norte, a la vez que junto con los suelos, también de adobe, actuaban como acumuladores de calor.

La construcción de nuevas comunidades se planificaba desde su origen, aprovechando pendientes y orientaciones para obtener el máximo beneficio solar, buscando además garantizar la igualdad de alojamiento a todos los residentes, de acuerdo al espíritu democrático de la época.

El objetivo final perseguido era que la casa ideal debería ser fresca en verano y cálida en invierno, de acuerdo con el consejo de **Sócrates** (siglo V a.c.).

El paso del medio rural al urbano trastocó y distorsionó el diseño climático

3.- Roma

El consumo de madera en **Roma** fue superior al de **Grecia**. Además de la demanda para construcción de viviendas y buques, el combustible para la industria y la calefacción de baños públicos y villas particulares, agotó rápidamente los recursos indígenas de madera. Mientras que en el siglo III antes de **Cristo** las cercanías de **Roma** contaban con espesos bosques, ya en el siglo I a.c. la madera debía importarse del **Cáucaso**, a más de 1.500 km de distancia. A principios del siglo I la escasez de combustible obligó a clausurar las minas de hierro de la isla de **Elba**, y afectó gravemente a la industria del metal en **Campania**.

La crisis de combustibles locales y el elevado coste de la madera importada, llevaron a los romanos a adoptar las técnicas griegas de la arquitectura solar, desarrollándola y adaptando los diseños constructivos a los variados climas de los territorios que dominaban, como recoge el eminente



Vitruvio en el año 25 a.c. [6].

Además, emplearon cerramientos transparentes como la mica y el vidrio para aumentar la efectividad del calentamiento solar, ampliando el ámbito de aplicación a los invernaderos y a los inmensos baños públicos. En el año 65, **Séneca** reseña la utilización de materiales transparentes como cerramiento de las ventanas, materiales que permiten el paso de la luz pero no del frío y la lluvia, reteniendo además el calor en el interior de los aposentos.

La arquitectura solar llegó a ser tan consustancial de la vida que la garantía de los derechos al sol se incorporó en el siglo II a la *lex romana*, regulando el acceso al sol en la construcción y las posibles sombras sobre edificios ya construidos. Como diferencia fundamental con la época precedente, destacan los privilegios de clase romanos frente a la democracia griega, de tal manera que mientras las clases dominantes elegían los emplazamientos y acomodaban los diseños según los principios de la arquitectura solar, la masa creciente de los pobres urbanos debía vivir donde pudiese.

Poco a poco, el crecimiento demográfico y la falta de planificación, obligaron a disponer de todos los espacios posibles, abandonando las buenas técnicas constructivas, especialmente en las viviendas de las clases menos pudientes.

El empeoramiento en el abastecimiento de combustibles llevó a que en el siglo IV se dedicase toda una flota al transporte de madera desde **Francia** y el Norte de **África** hasta el puerto romano de **Ostia**, mientras que el continuo deterioro de las condiciones de habitabilidad en las ciudades, llevó a los ciudadanos más pudientes a establecerse en el campo, adoptando un estilo de vida autosuficiente.

Destacándose entre otros arquitectos de su época, **Marco Cetio Faventino** escribía en la segunda mitad del siglo IV un tratado de construcción (“Libro abreviado de técnica arquitectónica para usos privados”) con el acento puesto en la autosuficiencia, reiterando los conceptos de Vitruvio sobre la mejor ubicación de baños y habitaciones vivideras, incorporando además técnicas propias de racionalización energética y sostenibilidad, como el reciclaje del agua y la recuperación de calores residuales, además de la captación y almacenamiento de calor en materiales termorreguladores [7].

Como antes sucediera, y volverá a ocurrir con mayor intensidad muchos siglos después, el desarrollo de la ingeniería se entrecruza e impregna la arquitectura romana, destacando

la transición de la **Roma** republicana a la imperial, cuando las técnicas del abovedado se transfirieron de las estructuras utilitarias (como los acueductos o las cloacas) a los edificios públicos monumentales, que pudieron adquirir así una expresión totalmente nueva [8].

4.- El Medioevo y El Renacimiento

Todo el conocimiento de la Antigüedad se desvaneció en los llamados Siglos Oscuros (IV al X), si bien la reverencia por el conocimiento profesada por los árabes en este periodo permitió la conservación, e incluso ampliación, de los textos clásicos, sirviendo de puente entre la Europa medieval del siglo XIII y los antiguos griegos.

La ciudad medieval ofrece una fisonomía irregular, de estructura radiocéntrica, por razones defensivas y de adaptación al emplazamiento. En medio de continuas peleas entre los numerosos bandos existentes, es una ciudad encerrada en sí misma, ajena al medio circundante y a cualquier tipo de adaptación al mismo. El derecho al sol se ha desvanecido y se carece de cualquier criterio regulador para la mejora de la habitabilidad en sintonía con el clima.

Puede decirse que hasta el siglo XVI el dogma eclesial bloquea cualquier intento de desarrollo empírico, que era entendido como una iniciativa perversa por pretender alterar los designios de la providencia. La reforma luterana (1517) es un vigoroso impulso para la independencia frente a la autoridad de la Iglesia de Roma, estimulando todo esfuerzo innovador e investigador, entre los que cabe aquí citar la horticultura científica, con el desarrollo de los invernaderos, como un significativo avance en el aprovechamiento de la energía del sol.

Al igual que ocurriera con **Faventino** doce siglos antes, destaca **Andrea Palladio** (1508-1580) entre los arquitectos de su época, con un tratado de construcción (“Los cuatro libros de la arquitectura”) que vuelve a insistir en la autosuficiencia y retoma también las aportaciones de Vitruvio sobre el emplazamiento más adecuado de baños y habitaciones vivideras, la recuperación de calores residuales, la utilización de materiales termorreguladores, y el reciclaje del agua [9].

A finales del siglo XVII, el desarrollo en Francia del proceso de fabricación de vidrio laminado, asombrosamente parecido al sistema romano, y el abaratamiento de combustibles, permitió una mayor difusión de cristalerías e invernaderos entre la naciente clase media. A la vez, se investigaba sobre la inclinación óptima de captación en función de la latitud local, así como sobre la utilización de doble acristalamiento y persianas nocturnas para reducir las pérdidas de calor.

La llamada “*glaciación menor*” que sufrió **Europa** entre 1550 y 1850, con veranos extraordinariamente breves e inviernos anormalmente fríos, también contribuyó de manera significativa a los esfuerzos por aprovechar la energía solar, dejando diversos estudios sobre la capacidad de absorción de calor de diferentes materiales constructivos.

Como resumen de estas primeras etapas históricas, puede decirse que hasta la *Revolución Industrial* que se inicia a finales del siglo XVIII, son numerosos –por no decir mayoritarios– los ejemplos arquitectónicos de integración en el medio y consumo eficiente de materiales y energía,

De La Revolución Industrial a La Crisis del Petróleo

especialmente en la construcción popular, por ser estos aspectos de sostenibilidad en la edificación cuestiones entonces ineludiblemente ligadas a la mera supervivencia humana: las soluciones en el diseño y las técnicas constructivas se acomodaban a las condiciones climáticas locales y a los recursos existentes en el territorio, optimizando la utilización de éstos para retrasar su agotamiento y garantizar el futuro de la comunidad.

Por el contrario la regulación de las pautas constructivas de adaptación ambiental en los conglomerados habitacionales, “el derecho al sol” establecido por griegos y romanos, se va perdiendo en el medioevo con el crecimiento desigual y desordenado de unas poblaciones que tienden a encerrarse en sí mismas.

5.- De La Revolución Industrial a La Crisis del Petróleo

Durante la Revolución Industrial (periodo difuso y extenso, pero que puede enmarcarse entre 1760 y 1860), que promovió la idea de la liberación por la técnica de las limitaciones y penalidades impuestas por la naturaleza, las ciudades perdieron su equilibrio ambiental y su tradicional integración con el medio. El desarrollo de nuevos medios de transporte y almacenamiento de materiales y combustibles propició el masivo abastecimiento de recursos y el alejamiento de vertidos y desechos. La vivienda se encerró en sí misma, utilizando la técnica para aislarse del medio y crear un ambiente interior artificialmente regulado, con las consecuencias de un elevado consumo de energía y un notable deterioro ambiental.

Ante el evidente deterioro en las condiciones de habitabilidad, ya en el siglo XIX los arquitectos ingleses promovían la remodelación de viviendas para un mayor aprovechamiento solar, en su doble vertiente de iluminación y caldeoamiento. La popularización de estos sistemas entre las clases medias en áreas urbanas, introdujo modificaciones adaptativas, apareciendo los miradores y galerías contorneando los edificios, así como buhardas acristaladas en los tejados de las casas.

Lamentablemente, este aumento en popularidad acarrió el abandono de los criterios de orientación y con el olvido de los principios técnicos los arquitectos se limitaron a copiar diligentemente las formas externas de los edificios antiguos, ignorando aquellas premisas que unían funcionalidad y belleza, y construyendo muchas veces con orientaciones erróneas desde el punto de vista de la eficiencia energética. Esta equivocada evolución todavía empeoró con el grave inconveniente añadido de que se instalaron sistemas de calefacción artificial en aquellos recintos nacidos para el aprovechamiento solar y el ahorro de combustible, que paradójicamente se convirtieron



así en fuente de gasto adicional [10].

En otro orden de cosas, desde principios del siglo XIX, se experimentó con las llamadas “cajas calientes”, que darían posteriormente origen a los colectores solares, capaces de suministrar agua caliente y calefacción a sus usuarios. Griegos, romanos y chinos conocieron y emplearon espejos curvados para la concentración de la energía del sol, aunque hubo que esperar a la segunda mitad de este siglo XIX, para que se investigase de manera sistemática el uso de cajas solares de concentración.

Pese al desarrollo técnico alcanzado en esta época, la desordenada acumulación de población, junto con la insalubridad de las viviendas, dio lugar a tal mortandad que las sociedades se vieron obligadas a tomar nuevamente el control urbanístico, buscando fórmulas para recuperar el perdido “derecho al sol”. Hacia 1900 ya se habían promulgado leyes de salud pública en numerosos países, con ordenanzas de planeamiento urbano que trataban de garantizar el soleamiento de las habitaciones.

Con la popularización de comunidades obreras planificadas, los arquitectos y urbanistas renovaron su interés por la orientación solar, pero ya en 1912, el arquitecto francés **Augustine Rey**, estudioso del soleamiento de edificios, admitió la inviabilidad del acceso solar óptimo en las condiciones de especulación inmobiliaria y descontrol de crecimiento en las ciudades: el “derecho al sol” afrontaba en clara desventaja unas circunstancias adversas muy difíciles de soslayar en el mundo moderno.

Tras la primera guerra mundial (1914-1919), las grandes posibilidades abiertas para el aprovechamiento de la energía solar cayeron ante el empuje del petróleo y el gas como nuevos y baratos recursos energéticos, aunque se puede hablar de un cierto florecimiento de los colectores solares localizado en

Florida, si bien no pudieron soportar la caída de los costes energéticos tras la segunda guerra mundial (1939-1945).

La arquitectura de vanguardia de la primera mitad del siglo XX se caracterizó (además de por la racionalización, el funcionalismo y la estandarización e industrialización de los procesos constructivos) por su voluntad de abstracción, de descontextualización y eliminación de las referencias a su lugar de instalación, alejándose de cualquier forma autóctona de habitación y, por consiguiente, de siglos de evolución adaptativa al medio en que se asentaban estas construcciones. Tal concepción, ampliamente difundida (“*el estilo internacional*”), impuesta a las formas y hábitos locales, y ajena a cualquier tipo de integración en el medio, es necesariamente dependiente de un elevado consumo energético y condiciona no pocas veces un incómodo urbanismo [11].

La arquitectura alemana de entreguerras se volcó en la búsqueda de funcionalidad, incluyendo en ésta el aprovechamiento solar; y conviene citar en primer lugar la “*zeilenbau*” o casa en hilera de **Walter Gropius** (fundador de la *Bauhaus*), organizada según un eje norte-sur, que pronto mostró su ineficacia para el soleamiento pese a conseguir una notable economía de suelo.

Hacia 1930 ya se admitía sin reservas este tipo de edificación como antieconómica por sus elevados costes de mantenimiento, volviéndose a la construcción de viviendas aisladas de planta única, orientadas al sur para la mayor captación solar, pudiéndose citar al respecto los trabajos de **Haring (Alemania)**, **Terragni (Italia)**, **Aalto (Finlandia)** y **Ginzburg (Rusia)** [12].

Cabe también citar en esta época el estudio realizado por el *Royal Institute of British Architects* (RIBA) sobre la orientación de los edificios, de enorme influencia en la consideración de los efectos del soleamiento en la fase del diseño arquitectónico. Es igualmente notable la realización de trabajos sobre soleamiento y la construcción de viviendas solares en los EE.UU., destacando en 1940 la casa solar edificada por **George Fred Keck (Chicago)**.

Entre los maestros del movimiento moderno, aunque sin estudios académicos de arquitectura, **Ludwig Mies van der Rohe** (1886-1969), director de la *Bauhaus* en 1930 y posteriormente emigrado a **América**, representa la simplicidad abstracta que resume en su lema “menos es más” [13]. Maestro del acero y el vidrio, la simplicidad de la forma le lleva a la abstracción, a la indiferencia frente al medio y el clima, con un claro conflicto entre la belleza formal y el funcionalismo, que lógicamente debe incluir las solicitaciones del entorno. Como consecuencia de su actitud, sus construcciones padecen unos altos costes de calefacción y refrigeración, hasta el punto de que en algún caso se llegó a decir que su vivienda era inhabitable (casa **Farnsworth, Illinois**, 1945).

Por su parte, el atrabiliario estudiante de ingeniería civil **Frank Lloyd Wright** (1869-1959) representa la diversidad

orgánica, la multiplicidad de formas, materiales y sistemas constructivos, con una gran sensibilidad a la relación con el entorno climático y natural, y con una clara voluntad de integración en el mismo. A él se le deben numerosas innovaciones en iluminación, ventilación y economía constructiva, consiguiendo una mayor sintonía entre la formalidad arquitectónica y la eficacia técnica [14].

Finalmente, **Charles Edouard Jeanneret-Gris**, conocido como *Le Corbusier* (1887-1965), se mueve entre la máquina y la naturaleza, considerando al sol como una de las claves de la arquitectura y el urbanismo pero proponiendo edificios herméticos, con carácter de puro artefacto, siempre artificialmente climatizados y muchas veces necesitados de reformas para lograr su habitabilidad.

Sus propuestas constructivas, “la respiración exacta” (de la mano de **Willis Haviland Carrier**, ingeniero industrial padre del aire acondicionado) y “el muro neutralizante” (en colaboración con la **Compagnie de Saint Gobain**, fabricante de vidrio) suponen pérdida de masa térmica, de resistencia térmica y acústica, y una mayor superficie de contacto exterior, con todas las desventajas climáticas que de ello se derivan y los costes de climatización que conllevan. Estas propuestas iniciales, tras los sonados fracasos de algunas de sus realizaciones, le llevaron a replantearse la envolvente de los edificios, y tras su

“*brise soleil*” regresó a un acercamiento al lugar y al clima, claramente perceptible en sus últimos proyectos en la India, en los que reinterpretó con éxito la arquitectura vernácula [15].

Algunos arquitectos adaptaron los principios del movimiento moderno a las condiciones climáticas y al contexto cultural de su ámbito de trabajo, regionalizando el “*estilo internacional*” al tratar de integrarse en la naturaleza sin alterar su equilibrio, aliándose con el medio exterior como los anónimos

constructores de la arquitectura popular, aprovechando posibles sinergias incluso en climas extremos, como hicieron **Luis Barragán (Méjico, 1902-1988)**, **Hassan Fathy (Egipto, 1899-1989)**, **Ralph Erskine (Suecia, 1914-2005)** o **Sverre Fehn (Noruega, 1924-)** [16]. Pese a todo, sus criterios, aplicables en edificaciones individualizadas, resultaban de difícil—cuando no imposible—utilización en una planificación urbanística alejada de cualquier referencia a la sostenibilidad de la edificación.

Cabe decir que, en cualquier caso, las influencias más decisivas en la arquitectura contemporánea llegaron de la mano de los revolucionarios métodos de construcción que desarrolló la ingeniería y la industria decimonónica. El ingeniero abrió el camino al arquitecto, y el rápido progreso del desarrollo técnico penetró en el hábitat humano, despreciando muchas veces la necesaria adaptación al medio que garantizaría la sostenibilidad de la construcción, prefiriendo en su lugar el empleo desmedido de recursos técnicos difícilmente sostenibles (la iluminación artificial, el aire acondicionado, la calefacción) para paliar los inconvenientes de estos nuevos planteamientos urbanísticos.

Cabe decir que, en cualquier caso, las influencias más decisivas en la arquitectura contemporánea llegaron de la mano de los revolucionarios métodos de construcción que desarrolló la ingeniería y la industria decimonónica

A finales de la década de 1950, los bajos precios de los combustibles y los errores de diseño, forzaron el abandono de la arquitectura solar, aunque no por ello cesaron los trabajos de diferentes estudiosos de la relación entre la arquitectura y el clima, entre los que deben citarse los diseños climáticos de **Víctor Olgyay** (EE.UU., 1963) [17] y **Baruch Givoni** (Israel, 1969) [18] y los muros solares de **Edward Morgan** (Inglaterra, 1962) y **Frédéric Trombe** (Francia, 1964) [19]. Además de éstos, también los trabajos de **Ian L. McHarg** (EE.UU., 1969) [20] y **Edward Mazria** (EE.UU., 1979) [21] insistieron igualmente en la necesidad de integración de la arquitectura y el medio, estableciendo el conjunto de bases teóricas de lo que llegó a designarse como “arquitectura bioclimática”.

6.- De La Crisis del Petróleo a La Construcción Contemporánea

La crisis del petróleo de 1973 reavivó el interés por la energía y fomentó la construcción de los primeros “edificios bioclimáticos”, en los que se buscaba optimizar el comportamiento térmico mediante la captación solar y el acondicionamiento ambiental pasivo, con resultados estéticos casi siempre discutibles al no ir más allá de la inserción de soluciones técnicas de aprovechamiento energético y control ambiental en estructuras arquitectónicas convencionales y, como tales, ajenas a tales dispositivos.

La creciente importancia de la técnica en la construcción alumbró a principios de la década de los 80 una corriente arquitectónica en la que los criterios ambientales y la eficiencia energética orientaron el diseño, retomando ideas de pioneros como **Fuller o Prouvé** bajo el reclamo de una “*high-tech architecture*” [22] prontamente devenida en la híbrida y un punto oportunista “*eco-tech architecture*”.

Richard Buckminster Fuller (1895-1983), creador de la cúpula geodésica, fue un ingeniero y visionario que exploró la eficiencia energética y la de los materiales, y para quien la tecnología era un medio para la “*efemeralización*”: para hacer más con menos; para lograr una eficacia profunda con la utilización de menos materiales, menos energía y menos tiempo [23]. Por su parte, el ingeniero y diseñador **Jean Prouvé** (1901-1984), además de sus notabilísimos trabajos en metal [24], promovió importantes avances en los sistemas de prefabricación de viviendas [25].

Norman Foster, discípulo de **Fuller**, es quizá hoy, junto con su antiguo socio **Richard Rogers** y con el posterior socio de éste, **Renzo Piano**, el más destacado representante del *echo-*

tech (ya en 1965 tenía en cuenta la posible reutilización de los edificios por otros usuarios, utilizando componentes modulares y paredes móviles), que se apoya en la ingeniería y en la prefabricación para ofrecer un estilo de buena manufactura, otorgando significación estética a las estructuras e instalaciones de las edificaciones que diseña y desarrolla en una estrecha y necesaria colaboración con los ingenieros.

En esta necesaria simbiosis entre la ingeniería y la arquitectura para la mejor interacción con el territorio cabe mencionar el Viaducto de **Millau** (**Aveyron**, Francia), el puente más alto del mundo (343 m sobre el río **Tarn**, 2.460 m de longitud y 32 m de ancho de tablero), fruto de la colaboración entre **Foster** (concepción formal) y el ingeniero francés **Michel Virlogeux** (concepción estructural) [26].

Otro ejemplo singular de esta colaboración interprofesional es el de **Santiago Calatrava**, uno de los arquitectos especializados en grandes estructuras que se caracterizan por una extraordinaria estética y armonía [27]. Contrariamente a lo que es habitual en muchos arquitectos, que ocultan las estructuras de sus edificios, **Calatrava**, como buen ingeniero que —además de arquitecto— es, las convierte en elementos esenciales y en obras de arte, y recurre una y otra vez a los precisos cálculos y a las soluciones del ingeniero español **Javier Wirtz** para levantar sus complicadas estructuras y montar las arquitecturas que él imagina, de las que son ejemplos destacados el edificio *Turning Torso*, en **Malmö** (**Suecia**) o la *Estación de Ferrocarril de Lieja* (Bélgica).

Pese a todo ello, únicamente en contadas ocasiones la colaboración entre Ingeniería y Arquitectura se traduce en una construcción sostenible, por otra parte prácticamente sólo alcanzable en edificios de carácter singular, únicos e irrepetibles, y por tanto ineficaces para poder diseminar sus logros y aplicarlos a la consecución de resultados urbanísticos sostenibles.

La eficiencia de la arquitectura popular, austera e inteligente en el uso de los recursos al desarrollar y optimizar modelos constructivos de rendimientos máximos en habitabilidad y de consumos mínimos de materiales y energía, ejemplar respuesta sostenible de adaptabilidad al medio, no ha tenido todavía su réplica en la arquitectura y el urbanismo contemporáneos [28].

Efectivamente, y pese a que muchas formas y diseños actuales evidencien la economía de los recursos, se carece de la visión de conjunto que exige la optimización del “ciclo de vida” para orientarlo hacia su sostenibilidad, contabilizando no solo la energía y los materiales consumidos en la construcción y vida útil de la edificación, sino también en la extracción, fabricación y puesta en obra de los elementos

Sin embargo no cabe la rendición sin dimitir del futuro, y por ello no es posible renunciar a nuevos modelos económicos ambientalmente viables y socialmente justos sin renunciar también a la pervivencia.

constructivos, y en el tratamiento y recuperación de los residuos generados en todo el proceso, incluida la futura demolición y la restauración del territorio, de ser el caso [29].

Desde este punto de vista, el consumo energético requerido para la fabricación, utilización y recuperación de no pocos de los productos actualmente empleados es sensiblemente superior al ahorro energético que se logra con su utilización, lo que aleja notablemente el objetivo de optimización perseguido pues –recordando a **Fuller**– sólo estamos logrando más con más, y no más con menos.

La falta de sostenibilidad de la construcción y el urbanismo actuales deriva tanto del modelo urbano vigente como de los hábitos de consumo. Lamentablemente es imposible modificar el planeamiento urbano existente, y es muy poco lo que se puede influir en la planificación de nuevas barriadas, generalmente condicionadas por pautas estructurales y políticas ajenas a cualquier consideración ambiental. Tampoco se puede ser demasiado optimista en lo que atañe a la modificación de los modos de consumo puesto que la demanda de energía en la construcción y en los usos domésticos no solo supone prácticamente la mitad de la demanda energética mundial, sino que muestra una tendencia continuamente creciente [30].

Sin embargo no cabe la rendición sin dimitir del futuro, y por ello no es posible renunciar a nuevos modelos económicos ambientalmente viables y socialmente justos sin renunciar también a la pervivencia. Sin duda será necesario un gran esfuerzo para modificar la habitual dinámica de adaptar el entorno a las necesidades humanas y en su lugar tratar de acomodar la humanidad al entorno que habitamos, recuperando “el derecho al sol”. Pero sólo un desarrollo ecológicamente sostenible y socialmente aceptable podrá evitar el colapso de los ecosistemas humanizados que acogen el futuro de la especie humana [31].

7.- Conclusión

En la post-modernidad, a la conciencia de la limitación conceptual que impone todo sistema teórico o científico, se une en lo real la constatación de la escasez de los recursos naturales y los desequilibrios ecológicos. Estas modificaciones en los escenarios conceptual y real obligan a cambiar de una concepción mecanicista a una concepción ecológica.

La fe en el progreso económico por medio de los adelantos técnicos y científicos, fraguada en el llamado Siglo de las Luces y magnificada a lo largo del Siglo XX, todavía hoy nos deslumbra, pese a la cada vez más clara conciencia de que tal progreso viene teniendo lugar a expensas de una naturaleza supuesta ilimitada e inagotable, a la que se expolia de sus recursos para conseguir un crecimiento continuado de bienes y servicios que se torna cada vez menos sostenible.

Este desarrollismo obliga a preservar inamovibles las anticuadas e injustas estructuras de relación y comunicación entre los humanos y entre éstos y la naturaleza a fin de conservar un cierto orden económico, acrecentando todo tipo de desequilibrios, desde económicos a ecológicos, mientras frente a un hiperconsumo anestesiante crece un subconsumo represivo.

Todavía la racionalización energética es una actividad marginal en un modelo económico que incluso se atreve a mantener como objetivo energético final la utilización masiva,

mediante la fusión nuclear, de la aparentemente ilimitada energía contenida en el agua de los mares.

En cualquier caso, la arquitectura no puede ser reducida a un puro racionalismo, pues no conviene olvidar que además de su carácter práctico, el edificio es portador de un mensaje, tiene un claro papel simbólico, aspectos ambos que los técnicos (del griego *tekhné*, arte) habrán de tratar de armonizar, persiguiendo un urbanismo funcional y significativo que no haga abstracción del medio, y creando unas viviendas estimulantes, alegres y saludables: en definitiva, humanas.

En esta necesaria colaboración, conviene quizá recordar que sin la violenta discusión mantenida entre el ingeniero-constructor y el arquitecto-diseñador, edificaciones tan notables como la casa *Fallingwater* (**Frank Lloyd Wright**, 1936) nunca hubiesen podido llegar a término, por carecer del contrapunto estructural técnicamente necesario. El arquitecto amenazó con abandonar la obra si no se le obedecía, y si el ingeniero le hubiese hecho caso, reduciendo las capacidades portantes, los soñadores vuelos de la *Casa de la Cascada* se hubiesen venido abajo [32].

Conviene también recordar que mientras construcciones milenarias contemplan el paso del tiempo y continúan ofreciendo servicio, obras recientes, visualmente admirables, resultan no sólo poco prácticas y apenas funcionales, sino tremendamente frágiles y perecederas.

La exaltación romántica de la originalidad como rasgo distintivo del “verdadero” artista abrió no pocas puertas a la intrusión en todos los ámbitos de numerosos suplantadores que, incapaces en su ignorancia y tosquedad de alcanzar siquiera la categoría de artesanos, desde entonces pretenden con sus “originalidades” ser reconocidos como grandes maestros.

No pocas veces la busca de esta “originalidad” en la arquitectura, despreciando las aportaciones de la ingeniería en sus diversas vertientes y alejándose, en un deplorable e inane afán de notoriedad, de tópicos y modelos de probada eficacia (constructiva, económica, energética) se viene traduciendo en edificaciones de dudosa funcionalidad, cuando no de flagrante ineficacia.

Para concluir, resulta oportuno recordar la sabiduría de aquel suizo-francés llamado Le Corbusier cuando enunciaba que “una casa es una máquina de habitar” y lo completaba con el estrambote de “confortablemente y por muchos años”, como urgente lema vector para que un edificio vuelva a ser algo más que la expresión vacua de la patética vanidad humana, y para que la tantas veces titubeante colaboración entre la Arquitectura y la Ingeniería, recuperando “el derecho al sol”, permita reconducir la construcción y el urbanismo hacia unas ya imprescindibles pautas de sostenibilidad.

8.- Bibliografía

[1] Flores C, 1986, “El carácter de la arquitectura popular. Tal como éramos”, *Guía de la arquitectura popular en España*, Revista del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, nº 334, julio-agosto 1986, pp. 6-16. ISSN 0212-7148.

[2] Luxán García de Diego M., 1994, “Arquitectura bioclimática: una opción abierta y positiva”, *Ciudad y territorio: estudios territoriales*, Revista del Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, nº

100-101, julio-agosto 1986, pp. 421-442. ISSN 1133-4762.

[3] Comisión de las Comunidades Europeas, 1994, *Decisión del Consejo, de 23 de noviembre de 1994, por la que se adopta un programa específico de investigación y desarrollo tecnológico, incluida demostración, en el campo de la energía no nuclear para el período 1994-1998 (Programa Joule-Thermie)*, Diario Oficial de las Comunidades Europeas del 15 de diciembre de 1994, Luxemburgo.

[4] Aguilera J, et al., 1995, *Aplicación de la energía y edificación en Madrid*, Dirección General de Arquitectura de la Comunidad de Madrid, Madrid, p. 1. ISBN 84-451-0746-1.

[5] Lara - Coira M. "Escenario energético mundial". *Dyna Ingenieria e Industria*. Diciembre 2007. Vol. 82-9. p. 471-478.

[6] Vitrubio (Marco Lucio Vitrubio Polion), 1970, *Los diez libros de arquitectura*, Trad. del latín, prólogo y notas de Agustín Blánquez, Iberia, Barcelona.

[7] Faventino (Marco Cetio Faventino), 1979, *Las diversas estructuras del arte arquitectónico o Compendio de Arquitectura*, Trad. del latín, prólogo y notas de Agustín Hevia Ballina, presentación de Enrique Rodríguez Balbín, Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos, Oviedo. ISBN 84-300-0905-1

[8] Olabarrieta B, 2007, "Materiales y métodos constructivos: del hormigón a la bóveda" En *Ingeniería romana en España*, Revista del Ministerio de Fomento, nº 564, julio-agosto 2007, pp. 6-19. ISSN 1577-4589.

[9] Wundram M, Pape T, 1999, *Andrea Palladio*, Taschen, Berlin. ISBN 3-8228-7587-2.

[10] Butti K, Perlin J, 1985, *Un hilo dorado: 2.500 años de arquitectura y tecnología solares*, Hermann Blume, Madrid. ISBN 84-72143112.

[11] Sharp D, 1991, *The Illustrated Encyclopedia of Architects and Architecture*, Quatro Publishing, New York. ISBN 0-8230-2539-X.

[12] Yáñez G, 1988, *Arquitectura solar. Aspectos pasivos, bioclimatismo e iluminación natural*, Monografías de la Dirección General para la Vivienda y Arquitectura, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Madrid. ISBN 84-7433-542-6.

[13] Schulze F, 1985, *Mies van der Rohe, a Critical Biography*, The University of Chicago Press, Chicago. ISBN 0-226-74059-5.

[14] Hoffman D, 1995, *Understanding Frank Lloyd Wright's Architecture*, Dover Publications, New York. ISBN 0-48628364X.

[15] Holm I, 2006, *Ideas and Beliefs in Architecture and Industrial design: How attitudes, orientations, and underlying assumptions shape the build environment*, Oslo School of Architecture and Design, Oslo. ISBN 82-5470-174-1.

[16] Santiago Rodríguez E de, González González FJ, y Pérez Muinelo A. *Habitar entre la tradición y la vanguardia. Arquitectura sostenible para el siglo XXI*, Revista Digital Universitaria, volumen 8, número 7, 10 de julio 2007 [en línea]. Disponible en Internet:

<http://www.revista.unam.mx/vol.8/num7/art53/int53.htm> [Fecha de acceso 4 de agosto de 2007]. ISSN 1067-6079.

[17] Olgyay V, 1963, *Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*, Princeton University Press, Princeton, New Jersey.

[18] Givoni B, 1969, *Man, Climate and Architecture*, Elsevier Architectural Science Series, Amsterdam.

[19] Burberry P, 1983, *Ahorro de energía*, Hermann Blume, Madrid. ISBN 84-72142655.

[20] McHarg Ian L., 1969, *Design with Nature*, American Museum of Natural History, New York.

[21] Mazria E, 1979, *The Passive Solar Energy Book*, Rodale Press, Emmaus, Pennsylvania.

[22] Kron J, and Slesin S, 1978, *High-Tech: The Industrial Style and Source Book for the Home*, Clarkson Potter, New York. ISBN 0-51753262X.

[23] Fuller RB, 1969, *Operating Manual for Spaceship Earth*, Southern Illinois University Press, Carbondale, Illinois.

[24] Moulin F., 2001, *Jean Prouvé. Le Maître du métal*, La Nuée Bleue, Strasbourg.

[25] Alberganti M. "Los ingenieros postergados" *Dyna Ingenieria e Industria*. Mayo 2005. Vol. 84-4. p. 39-40.

[26] *Jean Prouvé - Une architecture par l'industrie*, 1971, Les éditions d'Architecture Artemis, Zurich.

[27] Harrison R, 1992, *Creatures from the Mind of the Engineer. The Architecture of Santiago Calatrava*, Artemis, Zurich.

[28] Rudofsky B, 1964, *Architecture without Architects: A Short Introduction to Non-Pedigreed Architecture*, University of New Mexico Press, Albuquerque, New Mexico, USA, ISBN 1-800-249-7737.

[29] *Guía de la edificación sostenible: calidad energética y medioambiental en edificación*, 1999, Dirección General de la Vivienda, la Arquitectura y el Urbanismo, Institut Cerdá, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), Ministerio de Fomento. Centro de Publicaciones, Madrid. ISBN 84-49804183.

[30] European Commission, 2003, *European Energy and Transport – Trends to 2030*, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg. ISBN 92-894-4444-4.

[31] Lovelock JE, 1979, *Gaia: una nueva visión de la vida en la Tierra*, Hermann Blume, Madrid.

[32] Twombly F, 1979, *Frank Lloyd Wright: His Life and Architecture*, Wiley, New York. ISBN 0-47-1034002.