

A propósito del 'desarrollo sostenible' y el alojamiento

Mariano Vázquez Espí*

Se suele atribuir a la edificación el 50 % del consumo de energía fósil de nuestras sociedades, lo que representa una cifra pareja de la emisión global de gases con efectos invernadero. Si además se considera que el gran reto al que debe responder el 'desarrollo sostenible' es el cambio climático, se puede concluir que el futuro depende en buena medida de lo que vayamos a seguir gastando en alojar nuestras actividades (el otro gran asunto es el transporte).

Las muy diversas respuestas a ese ¿qué hacer? desde la 'disciplina' arquitectónica se pueden resumir, simplificando quizás en exceso, en dos polos, bien ilustrados en las siguientes citas:

«El reto para los arquitectos es desarrollar edificios que incorporen tecnologías sostenibles, reduciendo así la contaminación y los costes de mantenimiento de los mismos. Tres cuartas partes de la energía que se usa cotidianamente en los edificios corresponde, más o menos en proporciones iguales, a la iluminación artificial, la calefacción y la refrigeración; pero las nuevas tecnologías y las nuevas prácticas están revolucionando todas estas funciones. Se están poniendo a punto innovaciones que reducirán drásticamente los costes a largo plazo y la contaminación generada por los edificios.»

RICHARD ROGERS (1997)

«La idea de que los edificios de bajo consumo energético son respetuosos con el medio ambiente y de que, a través de la construcción de más edificios de este tipo, cumpliremos las promesas hechas en la Cumbre de Río [...], **es naturalmente, una estupidez**. Un nuevo edificio nunca ahorra energía, sino que genera nuevas necesidades energéticas, y la calificación de nuevo suelo para urbanizar es fundamentalmente antiecológica. 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.»

GUNTHER MOEWES (1997)

Desde el polo *eco-tech* se pretende proseguir con el desarrollo inmobiliario (que afecta notoriamente a España, pero que en la última década ha prendido en muchas otras economías desarrolladas), introduciendo la eficiencia energética y la innovación tecnológica para corregir el impacto de la edificación hoy en uso; en suma, en el mejor de los casos se trata de reconstruir completamente nuestra segunda naturaleza, aunque a mi juicio ignorando los costes físicos de esa reconstrucción.

Mientras que desde el polo realista (denominado en ocasiones *regeneración ecológica*, véase VERDAGUER, 1999) se pretende un objetivo bastante más modesto en espectacularidad mediática, pero probablemente mucho más difícil de llevar a cabo: introducir sensatez en el ciclo de producción y uso del alojamiento parando, para empezar, la expansión urbana, que en primer lugar tiene que ver con el aumento de la superficie de suelo afectada *per capita* —huella ecológica—, y sólo en segundo lugar con la expansión de la propia población humana.

Por si no resulta obvio diré que mis simpatías están con este último polo. En lo que sigue intentaré desbrozar algunos aspectos del 'problema' que, hoy por hoy, son los más visibles, para analizar los méritos relativos de ambas propuestas.

1. Sostenibilidad

No sé si la elección del término *sustainability* fue afortunada (el francés *durabilité* —*développement durable*— me parece preferible, aunque no acaba de resolver la tensión entre los dos extremos: el crecimiento y la estabilidad; sobre esta elección, véase NAREDO, 1996). En cualquier caso el conjunto de características que se pretende describir deben quedar claras. Y lo que fundamentalmente hay que entender no es qué cosa sea la sostenibilidad, sino en dónde reside la **insostenibilidad** de nuestras sociedades. Puesto que como seres biológicos somos parte de la naturaleza (al

*Responsable del Grupo de Investigación en Arquitectura y Urbanismo Más Sostenibles de la Universidad Politécnica de Madrid (GIAU+S UPM).

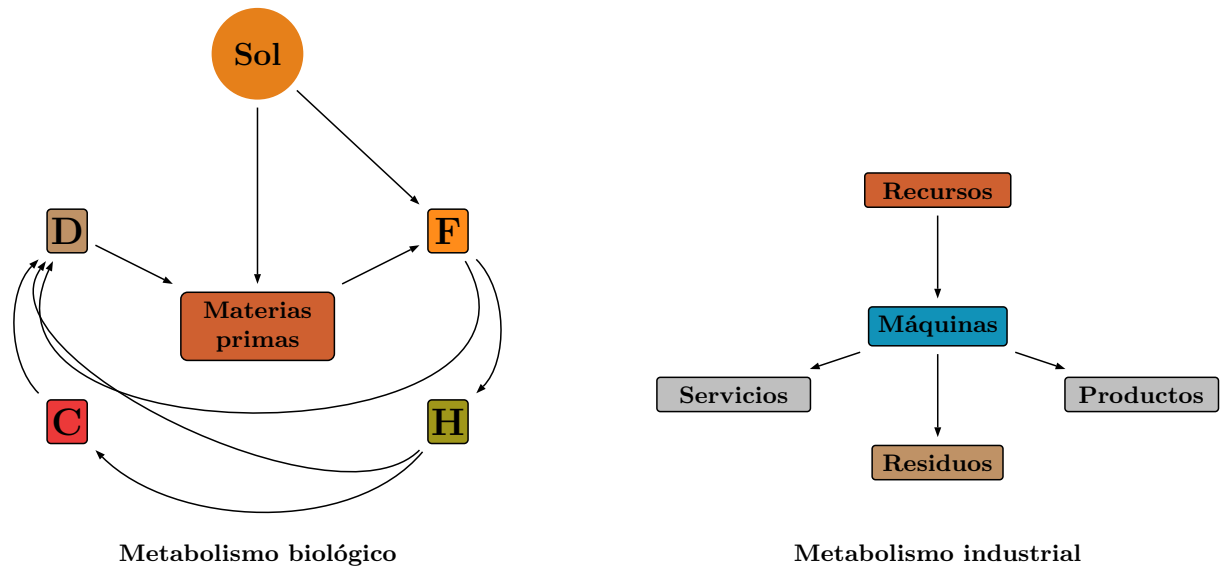


FIGURA 1: METABOLISMOS BIOLÓGICO E INDUSTRIAL

igual que *todas* nuestras actividades), la insostenibilidad hay que buscarla entre las novedades que aparecieron con la Revolución Industrial respecto a los procesos vitales que nos dieron a luz.

Podemos empezar por observar a los **ecosistemas no-artificiales** en lo que respecta a su desarrollo y estabilidad, y al uso que en ellos se hace de los materiales y de la energía, véase la FIGURA ??:

■ **Uso de materiales.**

- La mayor parte de las **materias primas** empleadas son abundantes y fácilmente accesibles (carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, azufre, calcio, hierro, etc).
- Los **productos elaborados** se emplean en general en ciclos cerrados, *no habiendo propiamente ni recursos ni residuos*: el residuo de una especie es un recurso para otra. (Las excepciones son raras y los pocos ciclos abiertos dan lugar a la acumulación de ‘residuos’ en yacimientos minerales, típicamente petróleo, gas natural, minerales de hierro, conchas de caracoles, etc.)
- Lo anterior es posible porque los productos elaborados son materiales reactivos que pueden transformarse (combinarse o degradarse) con relativa facilidad durante el metabolismo. No hay apenas productos *persistentes*. (La propia atmósfera terrestre, a diferencia de la de Venus o Marte, es muy reactiva y químicamente inestable.)
- El metabolismo biológico tiene lugar a temperaturas cercanas a la temperatura ambiente y las exigencias de pureza para los materiales son pequeñas.

- **Fuentes de energía.** La mayor parte de la energía empleada es una fracción de la radiación solar que nos llega cada día, una fuente renovada y accesible. La mayor parte de este consumo se dedica a la renovación y circulación de las **materias primas**: desalación y circulación de agua, dispersión de gases, etc. La fotosíntesis representa una muy pequeña fracción del consumo total dedicada a la síntesis de **productos elaborados in situ**, sin apenas transporte.

- **Desarrollo y estabilidad.** Debido al límite en la energía disponible y en la cantidad movilizable de materiales, los ecosistemas no-artificiales, tras una fase corta de desarrollo y crecimiento tienden a la estabilidad, renovando una cantidad de biomasa constante.

Los ecosistemas no-artificiales han construido literalmente el *ambiente planetario* tal y como lo disfrutamos ahora, transformándolo radicalmente a partir de un flujo esencialmente constante de energía útil solar. Debe quedar claro que, para ello, la biosfera **no ha ganado energía solar** para el planeta, pues la práctica totalidad de la energía que nos llega en la cara soleada se emite al espacio en la cara en penumbra. La clave radica en que nuestra emisión energética contiene muy poca energía útil en comparación. La metáfora que suele emplear NAREDO es la de una noria (el planeta) movida por un caudal de agua (el flujo solar): el movimiento no requiere **consumir** el agua, la noria simplemente aprovecha parte de la energía potencial que pierde el agua —y que perdería en cualquier caso. Esa construcción ha

FIGURA 2: LOS DOCE PROBLEMAS ECOLÓGICOS FUNDAMENTALES

Fuentes: DIAMOND (2005), y elaboración propia.

sido ‘sostenible’ (o en otros términos ha reducido la entropía del mundo, lo que resulta patente al comparar nuestra atmósfera con la de Venus o Marte, o con la que rápidamente tendría la Tierra si desapareciera la vida).

En contraposición, las sucesivas **revoluciones industriales** han forzado a la mayor parte de los ecosistemas artificiales a operar de un modo bien distinto:

■ **Uso de materiales.**

- La mayor parte de las **materias primas** se extraen con esfuerzo de yacimientos agotables de difícil acceso (cobre, mercurio, plomo, arsénico, cadmio, uranio, combustibles fósiles, etc), para lo cual se dispersan en el ambiente una amplia variedad de desechos y subproductos contaminantes.
- La síntesis de **productos elaborados** opera en general en ciclos abiertos, consumiéndose recursos y produciéndose residuos: muchos compuestos químicos que sintetizamos acaban dispersados por doquier.
- Muchos de los residuos producidos son compuestos **persistentes**, poco reactivos, que por tanto se acumulan en el ambiente al no poder ser procesados por los ecosistemas no-artificiales. Por encima de cierta concentración, tales compuestos persistentes resultan **tóxicos** (por ejemplo, el mercurio).
- El metabolismo industrial opera frecuentemente a temperaturas elevadas y requiere reactivos con un alto grado de pureza.

■ **Fuentes de energía.** Actualmente, la mayor parte de la energía empleada proviene de la combustión de **materias primas** (carbón, petróleo, gas natural, uranio, ...); dando lugar a la dispersión contaminante de los productos de la combustión: CO₂, radiactividad, etc. La mayor parte del consumo energético se emplea en fabricar y transportar a larga distancia **productos elaborados** (incluyendo como tal la propia energía eléctrica).

■ **Desarrollo y estabilidad.** Debido a que, actualmente, la cantidad anual de **materia prima** extraída puede aumentarse sin más que aumentar el consumo de recursos empleados para ello, no opera (de momento) un límite insuperable en la cantidad de recursos disponibles. Y en consecuencia la Revolución Industrial dio pie a un crecimiento sostenido de la población humana que aún continúa.

Ciertamente, los ecosistemas artificiales operan de forma híbrida entre ambos metabolismos: a fin de cuentas nosotras, las personas humanas, seguimos operando en acoplamiento estructural con los ecosistemas no-artificiales; el propio mundo industrial esta guarecido en la atmósfera biológica. Pero lo cierto es que los procesos que mayoritariamente sustentan el crecimiento económico se escoran intensamente hacia el metabolismo industrial: incluso ahora que hemos comenzado a ‘reciclar’ seguimos operando con procesos con las características señaladas. En particular, los procesos de ‘limpieza’, es decir, la retirada de nuestra vista de la porquería más notoria, operan *industrialmente* generando más residuos, pero eso sí, ahora invisibles. Incluso los procesos de verdadero reciclaje, que en teoría podrían permitir reducir el consumo de recursos, frecuentemente son usados para aumentar la cantidad disponible de productos elaborados, de forma que, globalmente, tanto el consumo de recursos como la producción de contaminación siguen aumentando.

La diferencia entre ambos metabolismos es **esencialmente cualitativa** y poco tiene que ver con la cantidad, ni siquiera con el rendimiento. De hecho, el metabolismo biológico, con base en una energía útil que en cualquier caso se perdería, es esencialmente despilfarradora. Por ejemplo, para evaporar agua del mar (e iniciar la producción de agua dulce) la biosfera emplea del orden de un billón de terajulios de energía solar al año (10^{12} TJ), y se trata probablemente del principal capítulo energético de la biósfera. La fotosíntesis, por su parte, emplea “tan sólo” 3.600 millones de terajulios anuales ($3,6 \times 10^9$ TJ), apenas un 4% del capítulo anterior con un rendimiento bajo, del orden del 2%¹: si algo caracteriza a la fotosíntesis es **requerir poca energía**. Frente a esas cifras, la producción anual de energía primaria en los ecosistemas humanos era del orden de 134 millones de terajulios (134×10^6 TJ) hacia 1960, habiendo alcanzado hacia finales del siglo XX los 400 millones de terajulios (400×10^6 TJ). Nuestros problemas, en consecuencia, poco pueden tener que ver con la cantidad de energía disponible: la cuestión está en la forma en empleamos la poquísimas energía que producimos y consumimos y como, con ella, consumimos otros recursos no energéticos.

Son las diferencias entre el **metabolismo biológico** y el **metabolismo industrial** las que causan la aparición de la **insostenibilidad**. La crisis ambiental a que ha dado lugar está simbolizada por el *cambio climático* que, sin embargo, es sólo uno de los problemas que han aparecido a consecuencia de los impactos ambientales negativos. Como señala NAREDO, «por muy grande que sea nuestra arrogancia como especie, hemos de reconocer que el clima es uno de los factores que resultan más difíciles de cambiar con nuestras intervenciones. Por ello, presentar el tema del posible cambio climático como el principal problema de deterioro ecológico o ambiental del Planeta al que se ha de poner

¹La pequeña parte de esta energía que se emplea en modificaciones morfológicas, es la que no siempre se devuelve al espacio exterior y puede acumularse de diversas formas: desde la energía potencial gravitatoria acumulada en la altura ganada por los árboles hasta la energía potencial química contenida en el petróleo o el carbón; esta pequeña porción puede estimarse en 25 millones de terajulios anuales (25×10^6 TJ).

coto, sólo resulta explicable como estrategia disuasoria para distraer la atención de los deterioros que diariamente se observan en el suelo, el agua, la vegetación y los ecosistemas locales, a los que sería más fácil poner remedio» (NAREDO *et VALERO*, 1999). De hecho, la crisis actual pueden resumirse en *doce problemas ecológicos fundamentales*, de similar importancia, que caracterizan la insostenibilidad de nuestras sociedades (a los que se suman problemas políticos y sociales, de otro orden). Podemos agruparlos en cuatro títulos, véase la FIGURA ??.

- La **destrucción de recursos renovables** incluye:
 1. la destrucción de ecosistemas (bosques, humedales, arrecifes de coral, lecho oceánico, etc), incluyendo su transformación en hábitats artificiales;
 2. el agotamiento de pesquerías (incluyendo las prácticas de acuicultura) de las que depende la alimentación de más de dos mil millones de personas;
 3. la pérdida de diversidad biológica, incluyendo la diversidad de los propios cultivos domesticados; y
 4. la destrucción de la fertilidad en suelos cultivados: erosión, salinización, agotamiento de nutrientes, acidificación.
- La **utilización creciente de recursos limitados** afecta a:
 5. los combustibles fósiles;
 6. el agua dulce (valorado energéticamente el empleo humano de agua dulce a principios de siglo —la mitad del agua accesible— significa la apropiación del orden de unos 13.000 millones de terajulios de energía solar); y
 7. la producción fotosintética (limitada por varios factores de mayor importancia que la luz solar, se estima que nuestra especie se apropia ya del orden del 40% de la producción primaria neta del planeta).
- **Contaminamos el entorno** de tres formas:
 8. con residuos químicos sólidos o en solución, muchos de ellos persistentes (con efectos bien conocidos sobre la propia salud humana);
 9. introduciendo especies “foráneas” (que depredan, parasitan, infectan o compiten con las especies autóctonas, habiendo dado lugar en ocasiones a extinciones súbitas);
 10. y vertiendo todo tipo de gases en la atmósfera, causando problemas bien conocidos como el cambio climático (gases con efecto invernadero), la destrucción de la capa de ozono, etc.
- Y en cuanto a la propia **población humana** hay dos problemas evidentes, graves y relacionados:
 11. su crecimiento absoluto; y
 12. el crecimiento del impacto ambiental *per capita* (que además es muy distinto según grupos sociales, ciudades, países y continentes).

Con ocho de estos problemas las sociedades humanas han lidiado en el pasado, cosechando éxitos, pero también fracasos, lo que significa que al describir el pasado *tiene sentido* apreciar la sostenibilidad o insostenibilidad de las diversas culturas (DIAMOND, 2005). Los cuatro señalados en la FIGURA ?? son nuevos, nos pertenecen en exclusiva. Los doce problemas se influyen entre sí (e incluso se solapan). Pero los doce requieren una respuesta urgente. La construcción y disfrute de edificios y ciudades tiene efecto directo de diversa importancia sobre siete de ellos.

La transición desde la actual sociedad industrial hacia una nueva cultura menos insostenible requiere reconvertir el metabolismo artificial imitando en lo posible el metabolismo biológico. Esta deseable transición es difícil por varias causas, entre las que cabe destacar una fundamental: la existencia de fuertes incentivos económicos para perseverar en el actual *status quo*. Mientras no esté prohibido contaminar y no haya que pagar por la contaminación producida, resultará más beneficioso monetariamente emplear máquinas de combustión (incluso sustituyendo la mano de obra humana) que cualquier otra alternativa; se mejora así la denominada «productividad del trabajo» y el crecimiento económico, mientras que se continúa consumiendo recursos agotables y agravando los doce problemas descritos. Este conflicto entre *ecología* y *economía* ha sido descrito con distinto éxito mediático desde mediados del siglo XIX (si es que no se hizo antes). Baste recordar aquí la singular obra de SODDY (1922) o, más próxima, la de NAREDO (1987), dos ejemplos entre las decenas que podrían citarse.²

Los incentivos monetarios actuales parecen estar cambiando pero lo hacen de un modo desesperantemente lento. Para contrarrestarlos con rapidez tan sólo contamos con la posibilidad democrática de modificar el marco institucional que alberga al ‘libre’ mercado. Tales modificaciones pueden ser igualmente monetarias (impuestos y multas sobre la contaminación, en la línea de las establecidas por el protocolo de Kioto), pero resultarán más claras reglas que vayan prohibiendo las formas más escandalosas de contaminación y despilfarro. Todavía mejores serían aquellas modificaciones del marco institucional que supusieran un incentivo monetario a favor de disminuir el consumo de recursos. Pero nada de esto asoma por el horizonte.

²Resulta patético y de una ínfima erudición pretender llamar *hoy* la atención a los ecologistas sobre la existencia de este conflicto, como recientemente hemos visto hacer a toda plana a algún fundamentalista. Sobre todo porque el diverso movimiento ecologista lleva décadas predicando en el desierto sobre el particular.

2. Insostenibilidad ligada a la edificación

Una crítica frecuente respecto a la industria de la construcción suele señalar como negativo su relativo ‘atraso tecnológico’, resumido en la relativa falta de ‘éxito’ a la hora de *industrializar* sus procesos básicos. Desde el punto de vista de la sostenibilidad se trata de una crítica no muy acertada, aunque apunta certeramente a una diferencia importante respecto a otras industrias. La arquitectura, tal y como se describe en los tratados clásicos de VITRUVIO o ALBERTI, tiene propiedades cercanas al metabolismo biológico: uso de materias primas fácilmente accesibles y/o potencialmente renovables (madera, piedra), que son biodegradables o no son tóxicas; uso de energía solar (iluminación diurna, inercia térmica). Esta circunstancia cambió con el Movimiento Moderno, cuando precisamente se perseguía la *industrialización* mediante dos transformaciones principales.

- La incorporación de nuevos materiales más *mecanizables* y en cuya producción podía sustituirse buena parte de la mano de obra por energía de combustión. Los ejemplos típicos son el cemento, el acero y el aluminio. A los que se han ido añadiendo otros ‘éxitos’ menos espectaculares.
- El recurso a instalaciones y máquinas de todo tipo, movidas por combustión directa o, mejor aún, por electricidad (producida hoy por hoy en su mayor parte por alguna forma de combustión). Los ejemplos típicos son el acondicionamiento de aire (ventilación, calefacción y refrigeración, la “respiración exacta” propiciada por LE CORBUSIER); la iluminación artificial durante 24 horas; la ciudad del automóvil, en la que la proximidad deja de ser una limitación.

Nuestras ciudades y edificios se convirtieron paulatinamente en máquinas que, desde que se ponen en marcha, devoran recursos y producen contaminación.

Muchos de los desarrollos urbanos posteriores a la Segunda Guerra Mundial quedaron ligados en su operar al metabolismo industrial, sumándose a la corriente principal del desarrollo. El éxito fue, de todas formas parcial, debido a que el coste de producir viviendas con las tecnologías propias de una nave espacial hubiera sido insostenible, de suerte que el recurso a técnicas tradicionales siguió representando una fracción importante del esfuerzo constructor: las estructuras siguen manteniéndose erguidas de forma pasiva (aunque la levitación magnética es técnicamente posible); los edificios siguen contando con alguna inercia térmica y son potencialmente captadores de energía térmica útil (a veces, muy a pesar de los deseos del proyectista de las instalaciones); las ventanas no han podido ser sustituidas en viviendas como elemento fundamental de relación con el ambiente exterior (aunque han desaparecido de muchas oficinas).

Como en el caso de cualquier artefacto, un edificio o una vivienda nos ofrecen un determinado servicio o bien, alojamiento en este caso, por el tiempo que duren en uso. El consumo de recursos asociado al disfrute del bien debe tener en cuenta todo el ciclo de producción, mantenimiento y deconstrucción de la vivienda.

El consumo ligado al uso (mantenimiento: calefacción, iluminación, etc) puede contabilizarse como una media anual. Los consumos ligados tanto a la fabricación como a la posterior deconstrucción, tienen lugar una sola vez, y para repercutirlos anualmente deben ser repartidos a lo largo de la duración del edificio. De ahí que la **durabilidad** de la construcción aparezca como una variable crítica. Una vida larga reduce la importancia relativa de los consumos durante la fabricación y deconstrucción, hasta hacerlos marginales; y al contrario, una vida breve puede tornarlos de mayor importancia que el consumo durante el uso. Lo que cuenta al final es el consumo global que, como medida anual, podemos expresar con:

$$\frac{\text{fabricación}}{\text{vida útil}} + \text{uso} + \frac{\text{demolición}}{\text{vida útil}}$$

El consumo de recursos y los impactos negativos tanto durante la construcción como durante el uso son muy diversos. Un análisis realista debería incluir el consumo de materiales agotables (incluyendo combustibles) y agua dulce, así como los impactos por contaminación directa e indirecta (en yacimientos o procesos industriales) y destrucción de suelo fértil. Sin embargo, actualmente se acepta (como solución práctica provisional) limitar el análisis a los costes energéticos, es decir, al consumo de combustibles (lo que no incluye, por ejemplo, todas las emisiones contaminantes). Aunque aceptemos esta situación, hay que advertir que, como muestran las cifras mencionadas con anterioridad, el consumo de combustibles **no es** el impacto más importante ni tampoco el más persistente de las actividades humanas. Esta afirmación genérica es aplicable también a la producción y uso de alojamiento. (Una discusión algo más detallada se encontrará en VÁZQUEZ, 2001.)

2.1. Coste energético durante el uso

La cantidad total de energía durante el uso de una vivienda depende de varios factores: clima de la localidad, tipo de edificio, tamaño de la vivienda, poder adquisitivo, grado de equipamiento, etc. El consumo en Europa supone una fracción importante del consumo global (puede representar un tercio del total en algunos países). Y frecuentemente, con ese consumo no se obtiene un alojamiento completamente confortable debido a la inadecuación de los diseños: por ejemplo, son bien conocidos los problemas de falta de confort térmico (calefacción insuficiente, sobrecalentamiento o sobreenfriamiento).

Consumo energético anual por hogar
(MJ, 2000)

España	Francia	UE
37.700	77.500	71.179

Fuente: IDAE (2004)

¿En qué se usa esa energía? La respuesta obviamente depende sobre manera de los factores antedichos. A pesar de esa enorme variedad de situaciones, puede estimarse que, como media, la mitad del consumo se dedica a *intentar* mantener el confort higrotérmico de la vivienda (climatización, entendida como el conjunto de calefacción, ventilación y refrigeración). El siguiente uso en importancia, entre un tercio y un quinto del total, corresponde a los electrodomésticos (incluyendo la iluminación). Y en tercer lugar, entre un cuarto y un sexto del total, quedaría la producción de agua caliente. Como hipótesis de trabajo podemos fijar las proporciones 50, 25, 16 %, al objeto de poder estimar los posibles ahorros.

Consumo de energía en edificios según el uso (%)

Uso	Emisiones de CO ₂ Edificios UK 1991	Energía final Viviendas ES 2000	Energía final Viviendas PL 2004	Energía primaria Referencia estándar
Climatización	48	47,4	71	50
Agua caliente	16	20,4	13	16
Cocina	7	9,6	9	9
Iluminación y aparatos	29	22,7	7	25

Fuentes: IDAE (2004), VALE *et VALE* (1991), ANDRESEN *et alii* (2004), y elaboración propia.

El diseño del edificio puede influir notablemente tanto en el coste de la climatización como en el del agua caliente; sólo en menor medida puede influir en el consumo de electrodomésticos o en el de la cocina. Un buen diseño bioclimático que incluya aislamiento e inercia térmica adecuados, y sistemas pasivos y activos de aprovechamiento solar podría reducir *con facilidad* a la mitad el coste del acondicionamiento y al 30 % el del agua caliente, de manera que resulta factible y realista pensar que el consumo total durante el uso pudiera reducirse a 2/3 del actual. En todo caso, la reducción del coste de la climatización es lo prioritario, aunque sin olvidar que cualquier ahorro es bienvenido. En particular, hay que prestar atención a no aumentar la ineficiencia al incorporar ‘nuevas’ tecnologías sólo en apariencia más eficientes (como, por ejemplo, aparatos eléctricos como bombas de calor y cocinas vitrocerámicas).

2.2. Coste energético de fabricación

También aquí nos encontramos con una fuerte variación según el tipo de edificio, su grado de equipamiento, etc. Una horquilla abarcadora puede situarse entre 2.000 y 8.000 MJ/m² de superficie construida. El reparto de ese coste entre los distintos capítulos es importante para poder estimar el coste de la rehabilitación según su intensidad.

Coste de fabricación por capítulos de presupuesto

Estructura	43 %
Albañilería	24 %
Carpintería	11 %
Otros	22 %

Fuente: MARDARAS *et CEPEDA* (2004)

Es importante observar que entre el 50 y el 70 % del coste de fabricación se dedica a elementos que pueden ser de gran durabilidad y que pueden calificarse como pasivos, es decir, no ocasionarán costes adicionales durante el uso del edificio (aunque su diseño condiciona por siempre la forma del edificio y su relación con el entorno).

2.3. Durabilidad de la construcción

¿Cuanto dura un edificio? Depende tanto de la calidad de su concepción como del empeño y la inteligencia puestos en su conservación. Las normas técnicas suelen suponer implícitamente 50 años de vida, una duración modesta comparada con la antigüedad de algunas construcciones de sólida factura. En España, el actual auge del mercado inmobiliario permite estimar una duración estadística de unos 30 años, que sería el plazo que, al ritmo de construcción actual, se tardaría en construir un número igual que el de las viviendas existentes en la actualidad. (Esta estima presupone que la población del país dentro de 30 años no haya crecido respecto a la actual: las proyecciones de NU —quizás poco creíbles— apuntan a una fuerte disminución dentro de 50 años.)

La durabilidad del edificio está determinada por el elemento que menor durabilidad tenga, aunque esta limitación puede ser superada con pequeñas operaciones de sustitución en algunos casos (siempre que tal cosa haya sido prevista y sea posible). Con los conocimientos actuales, técnicamente parece factible alcanzar 100 años de vida útil, excluyendo elementos de menor importancia como revestimientos (pinturas, etc).

2.4. Coste energético global del alojamiento

A la hora de enjuiciar el coste global del alojamiento hay que tener en cuenta las siguientes variables críticas: edad del edificio, grado de confort alcanzado y durabilidad (real o potencial). En esencia, el coste global de un alojamiento *confortable* viene dado por:

$$\text{coste global anual} = \frac{\text{fabricación}}{\text{vida útil}} + \text{consumo anual por uso}$$

En el caso de alojamientos que no pueden calificarse de confortables (en menor o mayor medida) su coste es difícil de establecer, puesto que no puede evaluarse en términos energéticos el impacto del disconfort de sus habitantes y la pérdida de calidad de vida a que da lugar. En este caso nos encontramos con un *umbral* más que con un coste, un umbral que separa las situaciones aceptables de aquellas que no lo son y que requerirían urgentes medidas rehabilitadoras.

En los edificios existentes, el análisis concreto puede hacerse con datos menos inciertos pues la información está a mano (aunque en raras ocasiones se usa): los habitantes pueden evaluar el grado de confort de los alojamientos (que puede comprobarse mediante medidas *in situ*) y el consumo real durante el uso puede cuantificarse a través de la facturación de las empresas suministradoras de energía. De hecho, con esa información se podrían realizar análisis de edificios o barrios e identificar los casos de mayor despilfarro y/o mayor disconfort, sobre los que debería actuarse prioritariamente. (Obviamente, para casos concretos, habrá que considerar estrategias híbridas.)

¿Cuál será la mejor estrategia para paliar el despilfarro energético y/o el disconfort de los edificios actualmente en uso? Las dos alternativas extremas son la demolición y sustitución por el libre mercado o los programas de rehabilitación con algún tipo de apoyo público (esto es, programas planificados).

En el primer caso, la pura sustitución, debemos contabilizar el coste energético de la demolición y del abatimiento o descontaminación de los residuos producidos. Nótese a este respecto que la mayor fracción de residuos sólidos en España la constituyen precisamente los que resultan de la demolición y construcción de edificios. Puesto que no hay datos muy fiables sobre el particular habremos de contentarnos con estimar el coste energético de demolición como una fracción del coste de fabricación: si consideramos un tercio, el coste conjunto se situaría en unos 4.000 MJ/m² de superficie sustituida/construida, considerando un coste de fabricación de 3.000 MJ/m² (para edificios de pisos). Si es el libre mercado quien lidera la operación, debemos contentarnos, en cuanto a la durabilidad, con los ritmos de sustitución de edificios que el propio mercado impone, que en el caso de España se sitúan en torno a los 30 años.

En el segundo caso, una rehabilitación intensa, que permitiera dar solución a las carencias más importantes del diseño original, pero que conservara el soporte básico del edificio, costaría no más que la mitad de la fabricación de un edificio nuevo, es decir, 1.500 MJ/m² (incluyendo las demoliciones limpias que fueran necesarias). La ventaja de un programa planificado de rehabilitación es que puede fijarse de antemano la durabilidad, realizando la operación **fuera del mercado inmobiliario**. También cabe considerar que en un programa semejante se aumenten las exigencias en cuanto al consumo durante el uso, propiciando un uso más intenso de técnicas bioclimáticas que en el libre mercado.

Consumos anuales de combustibles según estrategias de sustitución (MJ/m²)

Total = Fabricación[+demolición] + Uso

	Nueva planta a 30 años	Nueva planta a 50 años	Rehabilitación a 100 años	Rehabilitación ecológica a 100 años
Viv. colectiva	383 = 133 + 250 100%	330 = 80 + 250 86%	280 = 15 + 250 73%	203 = 15 + 188 53%

Fuente: Elaboración propia.

La estrategia de rehabilitación ecológica considerada es realista: supone que empleará en la fabricación la mitad de recursos que una nueva edificación y que sólo conseguirá reducir un 25 % del consumo durante el uso respecto a la edificación convencional, y permitiría resolver los problemas de despilfarro o disconfort de la edificación antigua con un 53 % del coste energético que cabe asignar a la actual nueva vivienda en España (nueva planta a 30 años). Por tanto, que la rehabilitación ecológica ofrezca alojamiento de calidad con menos coste con que lo ofrece *actualmente* la nueva construcción en España es un objetivo realista (y permite responder a los retos que el protocolo de Kioto supone para la Unión Europea).

Ciertamente, la construcción de nueva planta podría ofrecer edificios energéticamente eficientes e incluso hacerlo con mayor facilidad que la rehabilitación, al poder partir de un proyecto urbano más idóneo en cuanto a condiciones de soleamiento y captación de energía. Sin embargo, lo que importa son las distintas políticas edificatorias en que la nueva construcción y la rehabilitación se insertan. Así, la nueva construcción en España, ligada a un mercado de libre competencia, podría en teoría fabricar edificios con una vida útil larga, de 100 años o más; pero que se alcance realmente esa vida útil depende de la evolución del mercado. El fenómeno es similar a la *obsolescencia programada* de otros productos, piénsese en ordenadores o teléfonos móviles, que son sustituidos por nuevos modelos de forma anticipada, sin agotar su vida útil, y aumentando con ello la repercusión global de sus costes de fabricación: por esta y otras causas, por ejemplo, toda la mejora en eficiencia energética en automoción no ha conseguido siquiera estabilizar el consumo de combustible ligado al transporte, que sigue aumentando en Europa. Los nuevos desarrollos urbanos también podrían ser diseñados desde una perspectiva bioclimática, con fuertes reducciones en el consumo de recursos; pero lo cierto es que **no ocurre así**. Las políticas de rehabilitación, por el contrario, apuntan de forma intrínseca a la

reutilización y al reciclaje, de forma que hacen posible la disminución real del consumo de recursos necesarios para el alojamiento.

3. Conclusión

En los países desarrollados, con una población prácticamente estabilizada, el gran problema es el que plantea el funcionamiento de nuestros actuales edificios y ciudades. Disminuir el consumo de todo tipo de recursos sustituyendo los edificios requeriría a su vez una fuerte inversión en fabricación (con todos los impactos asociados a nuestra técnicas actuales de construcción). Sin embargo, según mis cuentas, con una estrategia de rehabilitación ecológica, ni si quiera muy intensa, podríamos conseguir que el coste energético *per capita* del alojamiento disminuyera a medio plazo a la mitad. (Con criterios de calidad más ambiciosos puede reducirse el consumo aún más.)

Sin embargo, en España y en otros países, debido a los incentivos monetarios y a la constitución del mercado inmobiliario como mercado puramente financiero, la tendencia es radicalmente opuesta: se siguen construyendo nuevas edificaciones afectando a nuevos suelos más allá de cualquier necesidad «para vivir» (son «bienes para invertir») y esas nuevas edificaciones siguen siendo diseñadas y concebidas como máquinas consumidoras de recursos desde que se ponen en marcha (amén de lo necesario para construirlas). De hecho, en España, de proseguir la actual fiebre inmobiliaria, en 30 años habremos duplicado el número de viviendas (RODRÍGUEZ, 2002) y, salvo un comportamiento demográfico imprevisto, pasaremos de contar con un parque de una vivienda por cada dos personas a una vivienda por persona, y salvo pocas excepciones todas más o menos igual de despilfarradoras. (Supongo que una buena parte de esas futuras viviendas estarán ociosas, sin uso; y a la vez seguirán existiendo grupos sociales con dificultades para acceder a una vivienda digna.)

Deshacer esta paradoja es el gran reto para la arquitectura del siglo XXI, aunque desde luego no se podrá conseguir sólo desde la ‘disciplina’. Sin un cambio del marco institucional en la producción y mantenimiento del alojamiento (incluyendo un cambio radical de los incentivos monetarios de todos los agentes implicados), el proceso actualmente en marcha proseguirá hacia su fin, un fin sobre cuyas características resulta inútil especular.

Referencias

- ANDRESEN, INGER; *et alii*
2004 «Sustainable Rehabilitation of Buildings: A State-of-the-Art», SURE-BUILD, 1st report. Norwegian University of Science and Technology, s.d.
- DIAMOND, JARED
2005 *Collapso*. New York: Viking Penguin Group. (Se cita la traducción castellana de RICARDO GARCÍA PÉREZ: *Colapso*. Barcelona: Random House Mondadori, 2006.)
- MARDARAS, IKER *et* MIKEL CEPEDA
2004 «Cuantificación energética de la construcción», Comunicación al *Foro Arca 2*. Madrid: CSCAE/COAM.
- MOEWES, GUNTHER
1997 “Solar, defensiv ober beides?”, *Detail*, 3/1997.
- NAREDO, JOSÉ MANUEL
1987 *La economía en evolución*. Madrid: Siglo XXI.
- 1996 «Sobre el origen, el uso y el contenido del término sostenible», en *Primer catálogo español de buenas prácticas*, FÉLIX ARIAS *et alii* (eds.), Madrid: MOPTMA. (Ahora también en <http://habitat.aq.upm.es/cs/p2/a004.html>)
- NAREDO, JOSÉ MANUEL; Y ANTONIO VALERO (eds.)
1999 *Desarrollo económico y deterioro ecológico*. Madrid: Fundación Argentaria / Visor Distribuciones.
- RODRIGUEZ ALONSO, RAQUEL
2002 «La política de vivienda en España desde la perspectiva de otros modelos europeos», *Fòrum per a la Sostenibilitat de les Illes Balears*. Un repte de futur per a les Illes Balears. Jornada de Eivissa i Formentera (ahora también en *Boletín CF+S*, 29/30, <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n29>).
- ROGERS, RICHARD
1997 *Cities for a small planet*. London: Faber and Faber.

SODDY, FREDERICK

1922 «Economía Cartesiana. La Influencia de la Ciencia Física en la Administración del Estado», London: Hendersons (tr. castellana en *Los principios de la Economía Ecológica*, JOAN MARTÍNEZ ALIER (ed.); Madrid: Visor / Fundación Argentaria, 1995).

VALE, BLENDIA; et ROBERT VALE

1991 *Green Architecture. Design for a sustainable future*. London: Thames and Houdson, Ltd.

VÁZQUEZ ESPÍ, MARIANO

2001 “Construcción e impacto sobre el ambiente: el caso de la tierra y otros materiales”, *Informes de la construcción*, n° 471, pp. 30–43. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas (ahora también en *Boletín CF+S*, n° 20: <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n20>).

VERDAGUER, CARLOS

1999 “Paisaje antes de la batalla. Apuntes para un necesario debate sobre el paradigma ecológico en arquitectura y urbanismo”, *Urban*, número 3, pp. 2943. (Ahora también en <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n13>).