
Retos y oportunidades para la transición de la edificación hacia la sostenibilidad en la CAPV

222

Por su aportación al PIB, el volumen de puestos de trabajo que genera y su repercusión medioambiental, la edificación es uno de los sectores clave en la actual transición de la sociedad hacia la sostenibilidad. Los retos del cambio climático se trasladan al mundo de la edificación como la necesidad de reducir drásticamente el consumo energético de los edificios e incorporar las energías renovables. La multitud de agentes implicados en este proceso y la estrecha interdependencia entre los mismos hace necesario abordar el problema desde la perspectiva de *cluster* de la edificación, que aunque tradicionalmente ha sido conservador en innovación, en los últimos años ha comenzado a adquirir conciencia de la importancia de la eco-innovación. Actualmente existe una amplia gama de productos, soluciones constructivas y líneas tecnológicas de investigación que pueden hacer realidad a medio plazo los edificios «Zero Carbon». Para reforzar la competitividad de la industria de la CAPV en el marco de una economía baja en carbono, es necesario que la Administración cree un entorno favorable mediante políticas que potencien la eco-innovación.

BPGd-ri egindako ekarpena, sortzen dituen lanpostuen kopurua eta ingurumenean duen eragina dira eta, eraikuntza funtsezko sektoreetako bat da gizarteak iraunkortasunerako duen trantsizioan. Klima-aldaketaren erronkak eraikuntzaren mundura igarotzen dira, eraikinen energia-kontsumoa zorroztz murrizteko eta energia berriztagarriak sartzeko beharren ondorioz. Prozesu honetan hainbat eragilek parte hartzen dutenez eta horien artean elkarrekiko mendekotasun estua dutenez, eraikuntzaren cluster ikuspegitik aztertu behar da arazoa; izan ere, berrikuntzari dagokionez eraikuntza tradizioz kontserbadorea izan den arren, azken urteetan ekoberrikuntzaren garrantziaz konturatzen hasi da. Gaur egun hainbat produktu, eraikuntza-irtenbide eta ikerketarako teknologia-ildo daude, epe ertainean «Zero Carbon» izeneko eraikinak egon ahal izan daitezten. EAeko industriak karbono gutxi darabilen ekonomiaren eremuan duen lehiakortasuna indartzearen, Administrazioak aldeko ingurua sortu behar du, ekoberrikuntza bultzatuko duten politiken bitartez.

In terms of its share of GDP, the number of jobs that it provides and its environmental repercussions, building is a key industry in the current transition towards sustainability in society. The challenges of climate change translate in the building industry as a need to drastically reduce energy consumption in buildings and incorporate renewables. The huge number of players involved in the process and the close interdependence between them mean that the problem must be tackled from the viewpoint of building industry clusters. Although the industry has traditionally been conservative in its view of innovation, it has begun to realise the importance of eco-innovation in recent years. There is now a wide range of products, construction systems and lines of technological research that may in the medium term result in zero carbon buildings. To reinforce the competitiveness of the industry in the Autonomous Community of the Basque Country the public authorities need to create a favourable context through policies to foster eco-innovation.

Nagore Tellado Laraudogoitia, Amaia Uriarte Arrien*,
Igone Ugalde Sánchez, Eguzkiñe Saenz de Zaitegui Tejero,
Ana Huidobro Rubio, Rakel García Alonso

Tecnalia

Usue Lorenz Erice

Orkestra

Jon Leonardo Aurtenetxe

Fundación Deusto

Javier Muniozguren Colindres, Héctor Morillas Loroño

Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea

223

ÍNDICE

1. Introducción
 2. Caracterización del 'cluster' de la edificación y su transición hacia la sostenibilidad
 3. El contexto de cambio climático y el reto de la eficiencia energética
 4. Tecnologías para la edificación 'zero carbon'
 5. Transición del 'cluster' de la edificación vasca hacia la sostenibilidad
 6. Primeras reflexiones para la política de eco-innovación en Euskadi
- Referencias bibliográficas

Palabras clave: *cluster* edificación, eficiencia energética, renovables, políticas de eco-innovación, País Vasco, sostenibilidad.

Keywords: building cluster, energy efficiency, renewables, eco-innovation policies, Basque Country, sustainability.

N.º de clasificación JEL: L74, L75, Q49, Q55.

1. INTRODUCCIÓN

Este artículo aborda el creciente protagonismo alcanzado por la edificación sostenible como uno de los retos más signifi-

cativos a abordar en el marco de la Unión Europea en esta década. También muestra la transición que este sector está ya protagonizando con el desarrollo de eco-innovaciones, como nuevas tecnologías y procedimientos de gestión de la energía y de su proceso productivo, dando a conocer algunos de los resultados más significativos obtenidos en el marco del Proyecto ETORTEK «Eco-BERRI, Eco-Innovación en el País Vasco: Políticas, Tecnologías y Competitividad» en su parte dedicada al

* Agradecimientos: este artículo se basa en los resultados de las actividades desarrolladas en el proyecto de investigación «eCo-BERRI: Eco-innovación en Euskadi: Políticas, Tecnología y Competitividad», desarrollado en el marco del «Programa ETORTEK. Proyectos de Investigación Estratégica» del Departamento de Industria, Comercio y Turismo del Gobierno Vasco.

estudio de la edificación en su transición hacia la economía baja en carbono.

El artículo subraya el significado que ha tomado la edificación sostenible especialmente en Europa en los últimos años. Los principios de la edificación sostenible han sido definidos en la Norma ISO 15292, que acentúa la necesidad de abordar este problema desde una perspectiva eminentemente holística. En otras palabras, parece que la perspectiva de *cluster* o de cadena de valor se impone a la hora de abordar tanto analítica como experimentalmente el fenómeno de la sostenibilidad en la edificación. Esta aproximación ayuda a comprender las distintas realidades y visiones coexistentes, así como a mejorar la sostenibilidad desde la perspectiva no ya del *output* final, sino también del impacto medioambiental de los distintos componentes que conforman la cadena de valor de la edificación.

La complejidad derivada de la problemática del cambio climático y de la eficiencia energética en la edificación hace necesario establecer objetivos parciales para alcanzar su cumplimiento. En este marco, la Unión Europea consciente de la gran potencialidad que encierra el *cluster* de la edificación para mitigar el Cambio Climático ha promovido el concepto de edificio «Zero Carbon», o incluso *energéticamente positivo*, como un desideratum a alcanzar a medio y largo plazo. Al hilo de este concepto, Europa también ha establecido un marco regulatorio rico, destacando la Propuesta de Directiva de Rendimiento Energético de los Edificios (2008) que endurece aun más las directivas anteriores. Asimismo, en el marco de la Unión Europea se han establecido redes tecnológicas que integran a los diferentes agentes del sistema de innovación y establecen de forma consensuada

las prioridades de Investigación y Desarrollo para los próximos años en el ámbito de la eficiencia energética en los edificios. Este tipo de redes también es útil para el intercambio de información y de conocimiento entre las distintas organizaciones del continente europeo, tanto del ámbito científico-tecnológico como del empresarial. El afianzamiento de la eficiencia energética en la edificación como ámbito de actuación e inversión se plasma también en el Plan de Recuperación Económico Europeo.

Desde la perspectiva de la eco-innovación, la edificación sostenible genera oportunidades significativas en el ámbito del desarrollo científico y tecnológico, tal como este artículo recoge. En este sentido destacarían las tecnologías orientadas a reducir la demanda térmica del edificio. Por ejemplo, las orientadas a mejorar el aislamiento de la envolvente (paneles de vacío (VIP), fibras naturales, aerogeles...), aumentar su inercia térmica (materiales de cambio de fase (PCM), al almacenamiento termoquímico...) o controlar la ganancia solar (vidrios con control solar, elementos de sobrealiento...).

La generación renovable de energía en el edificio o en el barrio conlleva el desarrollo de nuevos sistemas microenergéticos. Hasta el momento la energía fotovoltaica en el edificio ha permitido la venta de electricidad a la red pero estas tecnologías no permiten todavía el autoabastecimiento a nivel micro. Junto con el desarrollo de las renovables y los sistemas de acumulación adaptados a este medio, también se contempla la necesidad de desarrollar sistemas inteligentes de gestión a través de las Tecnologías de la información. La industrialización del sector es un facilitador para el aumento de la eficiencia y la sostenibilidad en este *cluster*.

Respecto al caso vasco, hay que destacar la relevancia de la edificación desde la perspectiva de *cluster*, en el que se engloban sectores de peso significativo en el valor añadido y empleo regional, como la construcción, la siderurgia, el vidrio o el cemento, entre otros.

En general, el *cluster* de la edificación se caracteriza por integrar un conjunto de sectores de baja y media intensidad tecnológica y con un tipo de innovación poco sistemático. Sin embargo, a pesar de estas restricciones de partida, el *cluster* regional demuestra haber iniciado su transición hacia una economía baja en carbono, introduciendo nuevas áreas científicas así como desarrollando de forma creciente nuevos nichos tecnológicos bajos en carbono.

La administración a diferentes niveles desarrolla un papel muy destacado a la hora de promocionar iniciativas e instrumentos para la promoción de una edificación sostenible, tanto en la producción como en el consumo. Este artículo destaca por ello ese papel primordial que tienen las políticas en la sostenibilidad, no sólo en la protección del medio ambiente, sino también en la promoción de nuevas tecnologías bajas en carbono en el entorno de la edificación.

2. CARACTERIZACIÓN DEL 'CLUSTER' DE LA EDIFICACIÓN Y SU TRANSICIÓN HACIA LA SOSTENIBILIDAD

2.1. La edificación sostenible

El término «construcción sostenible» nace para describir la responsabilidad que tiene la industria de la construcción en el avance hacia la sostenibilidad. Así, en la primera conferencia internacional sobre cons-

trucción sostenible celebrada en 1994 en Florida (EE.UU.), se establecieron las bases de esta nueva disciplina. El organizador de la conferencia, el profesor C.J. Kibert, sugirió que por construcción sostenible se puede entender la «creación de entornos contruidos saludables mediante la eficiente utilización de los recursos y bajo principios ecológicos» (Richard Hill *et al.*, 1997).

La norma ISO 15392 «*Sustainability in building construction-General Principles*» define la sostenibilidad como el estado en el que los componentes del ecosistema y sus funciones se mantienen para las generaciones presentes y futuras. En la edificación, el desarrollo sostenible es el ámbito que relaciona las actividades, productos y servicios utilizados en los trabajos de construcción y el uso de los edificios; de forma que contribuyan al mantenimiento de los componentes¹ de los ecosistemas y sus funciones para las futuras generaciones. Es decir, la «*edificación sostenible*» se concibe desde una aproximación holística, teniendo presente todo el ciclo de vida del edificio, mediante la integración de todas sus etapas (manufacturado del producto, diseño y construcción; uso y mantenimiento; y demolición y gestión de residuos) y los agentes involucrados en su desarrollo. Por lo tanto, los distintos agentes involucrados no pueden ser analizados de forma independiente, si no que es necesaria una visión integrada de todo el proceso.

2.2. El 'cluster' de la edificación

Esta visión integral se puede entender como un sistema bidimensional que interre-

¹ Los componentes de los ecosistemas incluyen plantas y animales, así como a las personas y su entorno físico, incluyendo un balance de las necesidades económicas, ambientales, sociales y culturales.

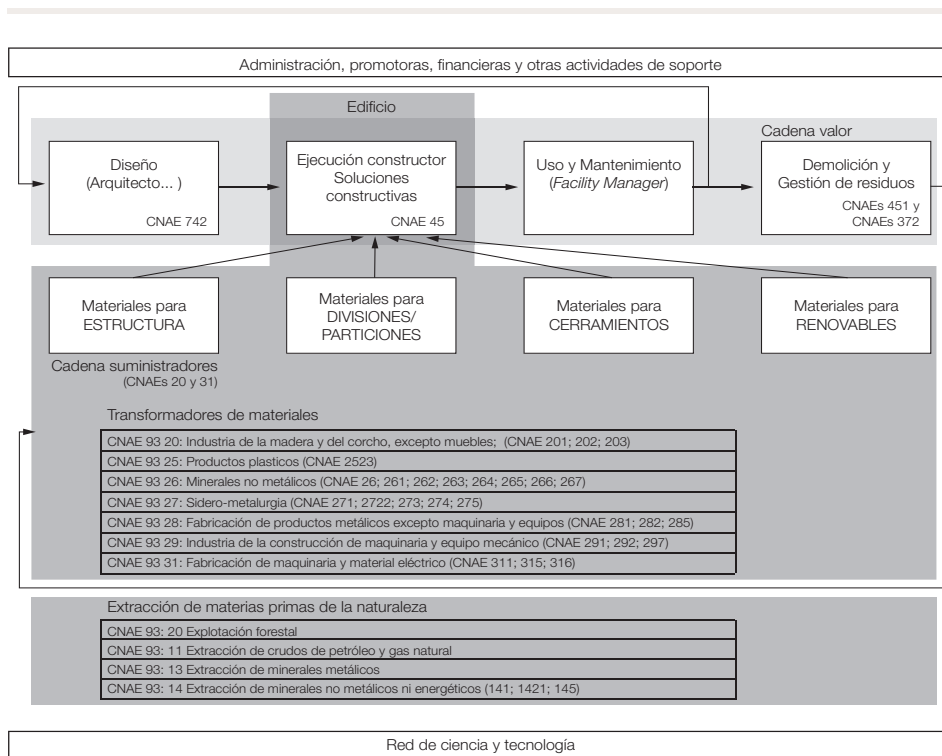
laciona a los agentes directamente implicados en el proceso constructivo y las empresas manufactureras de productos para la edificación. Esas dos dimensiones son las siguientes:

1. La *cadena de valor*, que engloba lo que tradicionalmente se ha denominado sector de la construcción, abarcando el diseño, ejecución y construcción, uso y mantenimiento del edificio y la demolición y gestión de los residuos.

2. La *cadena de suministradores*, constituida por el sistema de empresas manufactureras de productos para la edificación, incluyendo desde la extracción de materias primas hasta la manufactura de los sistemas constructivos.

Además, existe otra relación de entidades de soporte como son la administración, centros de investigación, inmobiliarias, aseguradoras, entidades financieras, etc., que con su intervención pueden condicionar la forma de construir.

Gráfico n.º 1
'Cluster' de la edificación



Fuente: Elaboración propia.

Este conjunto de agentes constituyen el *cluster* de la edificación. De acuerdo con la definición de Porter (Porter, 1998) un *cluster* es «un grupo de empresas interconectadas y de instituciones asociadas, ligadas por actividades e intereses comunes y complementarios, geográficamente próximas». Desde la perspectiva de eCo-BERRI, podría decirse por tanto, que el grupo de actividades y agentes implicadas en el conjunto de actividades de la cadena de valor, cadena de suministradores y las actividades de soporte, forman un *cluster*.

El gráfico n.º 1 representa el citado *cluster* de la edificación y detalla los sectores (CNAES) que se consideran como integrantes en el *cluster* de la edificación para nuestro análisis.

Esta aproximación de *cluster* permite optimizar las tecnologías individuales, explotar las sinergias y lograr una eficacia a mayor escala que la permitida por una actuación sobre el edificio individual (WBCSD, 2009a).

2.3. Características del ‘cluster’ de la edificación

El *cluster* de la edificación debe transitar hacia la sostenibilidad, reduciendo el consumo de recursos y su impacto sobre el entorno natural. Si bien esta reducción es técnicamente factible, en la actualidad gran parte de los recursos están infrautilizados como consecuencia del mal diseño, tecnología no optimizada o comportamientos no apropiados. Se requiere experiencia y financiación para desarrollar y poner en práctica medidas que contribuyan a la mejora del comportamiento ambiental de los edificios; sin embargo, resultará difícil que la transformación tenga lugar únicamente me-

dante mecanismos de mercado dadas las particularidades que presenta el *cluster*.

En efecto, el *cluster* de la edificación es un sector muy complejo debido, entre otras cuestiones, a la heterogeneidad tanto desde el punto de vista del producto como de los agentes que lo componen, lo que implica que no se pueda aplicar una única solución o criterio global a todas las situaciones (y en consecuencia, no se puede aplicar una única solución o criterio global a todas las situaciones). En cuanto a tipos de edificios y perfiles de consumo se refiere, cabe destacar que son muy diferentes dependiendo de la región o país, de la zona climática, del tipo de edificio, de la localización y de la antigüedad. Así, las necesidades de rehabilitación, las dificultades técnicas y las limitaciones económicas serán diferentes para un edificio existente que para un edificio nuevo.

Respecto a la propiedad y uso del edificio, se puede hacer una primera clasificación en la que se diferencien edificios residenciales y edificios del sector terciario o comercial, tales como bancos, oficinas, comercios, hoteles, centros educativos, etc.

Igualmente, hay que destacar que el *cluster* está caracterizado por una gran fragmentación y un ámbito temporal de actuación acotado para cada uno de los agentes de la cadena de valor. El actual proceso es lineal y secuencial, la baja interacción entre los agentes implicados: promotores, proyectistas (arquitectos e ingenieros), constructoras, suministradores de productos y usuarios del edificio, contribuye a que no se contemple la sostenibilidad del edificio desde una aproximación integral o de conjunto.

Otro factor determinante es que el consumo real del edificio depende tanto del comportamiento del usuario final del mismo

como de otros factores que son determinados en el diseño y la ejecución del proyecto por los distintos agentes integrantes del *cluster*, como por ejemplo la envolvente del edificio, el rendimiento del equipamiento doméstico y la generación mediante renovables.

La compleja interacción entre la multitud de agentes que intervienen en el ciclo de vida de un edificio y la toma de decisión basada en criterios económicos a corto plazo son una de las principales barreras para que el sector de la edificación transite hacia la sostenibilidad.

2.4. Impactos ambientales del 'cluster' de la edificación

En la Unión Europea se construyen o renuevan cada día miles de edificios donde la gente trabaja y vive, y en definitiva, pasa gran parte de sus vidas. A su vez, el *cluster* de la edificación es consciente de:

- Ser el mayor consumidor final de energía de la UE15 (en torno al 40%).
- Contribuir al 36% de las emisiones totales de CO₂ y aproximadamente a la mitad de las emisiones de los sectores no cubiertos por el comercio de derechos de emisión de CO₂ (EUE *trading system*), conocidos también como sectores difusos.
- Generar aproximadamente de 287-495 kg de residuos sólidos urbanos / habitante y año.
- Consumir el 80% del agua potable.
- Ocupar en cuanto a suelo respecta, un nivel promedio de 117 personas por km²; con más del 80% (377 millones) de la población de la UE27 residiendo en ciudades.

Además, el uso del suelo tiene impactos ambientales en cuanto a la destrucción de hábitat naturales y del entorno. Los actuales ratios de artificialización del suelo debido a la urbanización y a la construcción de infraestructuras viales en muchos países de la UE son muy altos (E2BA, 2009).

En resumen, el sector de la edificación tiene una gran responsabilidad en la reducción de los impactos y la obligación de ser más respetuoso con el medio ambiente.

3. EL CONTEXTO DE CAMBIO CLIMÁTICO Y EL RETO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

3.1. Retos y potencial de mejora en la edificación

En un mundo con recursos limitados y serios impactos ambientales, la transición hacia estilos de vida más sostenibles está adquiriendo cada vez mayor relevancia. En el siglo XX los problemas medioambientales se consideraban locales, sin embargo en la actualidad estos problemas se conciben más complejos y relacionados con todas las fases del ciclo de vida del producto. En cualquier caso, se ha de ser consciente de que no es posible reducir todos los impactos ambientales a cero, por lo que se hace necesario establecer objetivos parciales, teniendo presente que la mejora en determinados aspectos ambientales, puede redundar en algunos casos en el peor comportamiento en otros ámbitos, por lo que será necesario priorizar unos sobre otros (Ljungberg, 2007).

En sus comienzos, la edificación sostenible se había centrado en el aspecto ecológico de los materiales. De ahí el ejemplo de la bio-construcción, basada en el empleo

de materiales de construcción de bajo impacto ambiental, preferentemente reciclados y fácilmente reciclables, y cuyo empleo resultara saludable (libres de química nociva) para los habitantes. En la actualidad, y dada la prioridad del problema del Cambio Climático y el objetivo de la Comisión Europea de «limitar el calentamiento mundial a 2°C respecto a los niveles preindustriales» (EC, 2007), las tendencias actuales en el ámbito de la sostenibilidad de la edificación priorizan la consecución de edificios *zero-carbon* o *low-energy*.

Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de los edificios se pueden reducir incrementando la eficiencia energética y minimizando la energía incorporada en los productos de construcción; utilizando combustibles con menor contenido en carbono o generados mediante renovables; o controlando las emisiones de otros gases de efecto invernadero. Pero son las medidas de eficiencia energética, tanto en edificios nuevos como en existentes, y la generación local mediante renovables, aquéllas que mayores oportunidades presentan por su capacidad de mitigación, su relación coste-beneficio y por la gran diversidad de medidas existentes (IPCC, 2007).

Por otra parte la mejora de la eficiencia energética en los sectores de consumo final es una de las prioridades de la Agenda de la Comisión Europea para incrementar la seguridad energética, siendo el sector residencial y terciario aquel con mayor potencial de reducción relativa (EC, 2003).

Europa debe actuar para asegurar el abastecimiento sostenible y competitivo de energía. El cambio climático, la seguridad en el suministro y la competitividad son términos interrelacionados que requieren un cambio en la forma en la que Europa produce,

suministra y consume energía. El desarrollo de la tecnología es vital para la consecución de los objetivos en política energética europea adoptados por el Consejo Europeo el 9 de marzo del 2007 (EC, 2007).

Así, cuando el debate actual a nivel mundial se centra en establecer objetivos y adquirir compromisos vinculantes de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero para el periodo post-Kioto, la Unión Europea se ha fijado el denominado objetivo 20-20-20, que consiste en reducir en un 20% las emisiones de GEI respecto a los niveles de emisión de 1990, mejorar la eficiencia energética en un 20% y cubrir mediante fuentes renovables el 20% de esta demanda para el año 2020 (EC, 2007 y EC, 2008a).

La hoja de ruta marcada por la Agencia Internacional de la Energía para el 2050 analiza las inversiones necesarias para disminuir el consumo energético y las emisiones de CO₂. Por los ahorros que reportan y el coste de la implementación, las oportunidades más factibles, estriban en la implantación de medidas que aumentan la eficiencia energética en los sectores de consumo final: transporte, equipamiento industrial y edificación (Mckinsey, 2009).

Los últimos estudios estiman que existe un potencial de reducción a nivel mundial de un 29% de las emisiones del sector residencial y comercial para el 2020 siendo, siendo el mayor de los sectores de consumo final (IPCC, 2007). La importancia del sector de la edificación para conseguir una economía baja en carbono, hace necesaria una conversión a gran escala de los edificios hacia modelos de bajo consumo.

A nivel individual, los nuevos edificios tienen el mayor ahorro de energía que integran la fase de uso desde las fases iniciales

de diseño (con ahorros superiores al 75% respecto a un edificio existente); sin embargo, cuando se contempla el conjunto total de edificios, el mayor potencial de ahorro absoluto lo presenta la rehabilitación energética de los edificios existentes y la sustitución de las instalaciones de calefacción y refrigeración por otras más eficientes (IPCC, 2007).

En la actualidad existe una extensa selección de tecnologías y *know-how* que pueden contribuir a conseguir *Net Zero Energy Buildings* y que además presentan periodos de retorno a la inversión atractivos (entre 7 y 11 años) (McKinsey, 2009) (F. Entorno, 2009). Sin embargo, no acaban de penetrar en el mercado por fallos o barreras de mercado (Brown, 2001).

Si bien este artículo se centra en la eficiencia energética por su impacto en el cambio climático —el reto más urgente desde la perspectiva de la sostenibilidad— no queremos obviar que cabe esperar que en las próximas décadas se agraven los problemas derivados de una gestión ineficiente de los recursos materiales, especialmente los recursos metálicos y minerales. Con una población mundial creciente y el desarrollo de los países emergentes, la demanda de minerales metálicos y no metálicos se incrementará a nivel mundial. Hasta ahora el crecimiento de la demanda se ha subsanado con una mayor explotación de recursos naturales —abriendo nuevas minas o mejorando las tecnologías de extracción—, pero esta tendencia no se podrá mantener en el transcurso del siglo XXI. Este problema ya se ha hecho palpable en el acero y el aluminio ante el desarrollo que están experimentando países como China e India.

La escasez de recursos es un problema complejo y de gran interés para el *clus-*

ter de la edificación no sólo porque es un sector de uso masivo de recursos naturales, sino porque provoca un gran impacto medioambiental. De hecho más del 50% de los materiales extraídos de la tierra se transforman en materiales de construcción y productos para este sector. Estos componentes son utilizados, además, para producir bienes con un largo ciclo de vida y un bajo nivel de reemplazo y demolición, disminuyendo su disponibilidad en el mercado.

El problema de los recursos materiales es global. La transición al uso sostenible de los materiales será igual de compleja que la lucha contra el cambio climático, la eficiencia energética o la sustitución de combustibles fósiles por energías renovables. No obstante, el conocimiento que se está adquiriendo sobre la transición en estos ámbitos será extrapolable a la eficiencia de recursos (M2i, 2009).

3.2. Marco de referencia europeo para la edificación

Como un primer paso para dar respuesta a los retos anteriormente citados la Unión Europea aprobó la Directiva 2002/92/CE sobre Eficiencia Energética en Edificación (DEEE o *EPBD Energy Performance of buildings Directive*). De acuerdo a esta directiva, los Estados miembros deben establecer los requisitos mínimos de eficiencia energética y desarrollar una metodología para su cálculo; llevar a cabo inspecciones periódicas de calderas y sistemas de aire acondicionado; y otorgar la certificación energética de edificios (2002/92/CE).

La transposición de la DEEE en España tuvo lugar mediante el RD 314/2006, por el que se aprueba el Código técnico de la edi-

ficación en el que se especifican los requisitos de seguridad y habitabilidad que deben cumplir los edificios; el RD 47/2007 o Procedimiento para la certificación energética de edificios y el RD 1027/2007 o Reglamento de instalaciones térmicas —RITE—; quedando pendiente la aprobación del Real Decreto que transpone la Certificación de edificios existentes para completar las exigencias de la DEEE.

En el transcurso del 2008 se presenta la Propuesta de Directiva relativa al rendimiento energético de los edificios o texto refundido de la Directiva 2002/91/CE (COM (2008) 780 del 13.11.2008) donde los requisitos y los límites de aplicación propuestos en el ámbito de la eficiencia energética son más estrictos que en la Directiva precedente. Las nuevas enmiendas en el ámbito de esta propuesta de Directiva son aún más ambiciosas, y proponen que los edificios sean energéticamente autosuficientes y con emisiones neutras de CO₂ para el 2019.

En relación con las necesidades de desarrollo tecnológico en eficiencia energética para edificación, la ECTP —*European Construction Technological Platform*— y en especial, la E2BA —*Energy Efficiency in Building Association*— han definido una agenda estratégica de investigación que identifica las prioridades en I+D del sector de la construcción (ECTP, 2005) (E2BA, 2009).

Esta visión sobre la necesidad de desarrollar tecnologías para la eficiencia energética en la edificación, se ha visto respaldada por el «*Plan de Recuperación Económica Europea*» (EC, 2008b). Este plan es la respuesta de la Comisión para reactivar la economía europea, poniendo especial énfasis en la innovación y en la inversión en productos «eco» o verdes para

afrontar los retos energéticos y de cambio climático. El compromiso con la innovación tecnológica se focaliza en tres ámbitos de actuación: el coche eléctrico, la fabricación verde y la eficiencia energética en edificación. Esta última, la «Iniciativa Europea para los Edificios Eficientes», está enfocada a fomentar el desarrollo de tecnologías, materiales y sistemas para la reducción drástica del consumo y de las emisiones de CO₂ en edificios y potenciar la acción reglamentaria y de estandarización. Las medidas adoptadas tendrán impacto sobre el cambio climático, las infraestructuras energéticas, la eficiencia energética, las energías renovables y los productos verdes.

Estas iniciativas y el marco regulatorio favorable aprobado en los últimos años representa una oportunidad para el desarrollo e incorporación de nuevas tecnologías y la creación de empleo en el ámbito de la eficiencia energética y la generación mediante energías renovables en la edificación.

4. TECNOLOGÍAS PARA LA EDIFICACIÓN 'ZERO CARBON'

La obtención de un ahorro energético sustancial en el consumo de los edificios pasa por la transformación del *cluster* de la construcción, tanto en el plano técnico como en el de la concienciación de la sociedad y de los profesionales del mismo. En el plano técnico, esta transformación implica una nueva forma de construir y por lo tanto, la necesidad de generar nuevos conocimientos y capacidades. Un posicionamiento temprano en las competencias previstas, permitirá obtener una ventaja competitiva en el mercado respecto a competidores que no se encuentren a la cabeza del cambio. Hay dos líneas de actuación

fundamentales para reducir el consumo energético de los edificios: actuar sobre la demanda del edificio y utilizar energías renovables como fuente de alimentación para satisfacer dicha demanda.

Por otra parte, tal y como se ha comentado en un apartado anterior, se identifican dos áreas de actuación en el *cluster* de la edificación.

- El desarrollo de nuevos edificios confortables, asequibles y con alta eficiencia energética.
- La rehabilitación energética de los edificios existentes.

A nivel europeo, los edificios recientemente construidos muestran niveles de eficiencia superiores a los edificios antiguos, dado que en muchos casos tienen mayores aislamientos y mejores equipamientos. Sin embargo la larga vida de los edificios y el bajo ratio de renovación del parque construido, en torno al 2% (Glass, 2008) (RTD Info, 2000), especialmente en el sector residencial, hace necesaria la rehabilitación de los edificios existentes mediante la mejora de la envolvente y la sustitución de los equipamientos. Debido al gran número de viviendas existentes construidas bajo estándares de calidad menos rigurosos que los actuales, la rehabilitación cuenta con un mayor mercado, y un potencial de ahorro superior al de nuevos edificios eficientes.

Si bien las necesidades tecnológicas y de innovación pueden ser comunes a ambas áreas en algunos casos, en otros será necesario el desarrollo de competencias específicas para cada una de ellas.

A continuación se analizan las tecnologías más relevantes para el desarrollo de edificios «Zero Carbon».

4.1. Reducción de la demanda energética de los edificios

La demanda energética de un edificio, o la energía necesaria para aclimatar los edificios a las condiciones de confort interior viene determinada por numerosos factores, tales como el diseño del edificio (volumen, forma, orientación), su ubicación geográfica, y por tanto las condiciones climáticas de la zona, o las fuentes internas asociadas a su uso. Estos factores son inherentes al edificio y difícilmente modificables en un edificio ya construido, por lo tanto no están asociados al desarrollo de nuevas tecnologías o procesos constructivos para la reducción de la demanda energética.

Sin embargo, la demanda de un edificio se puede modificar mediante la aplicación de tecnologías concretas. A la hora de identificar y valorar estas tecnologías, una primera consideración fundamental es que el comportamiento de un edificio y las estrategias de minimización de su demanda energética son diferentes en función de si se trata de un régimen de calefacción (habitual en periodo invernal) o un régimen de refrigeración (habitual en periodo estival). Por lo tanto, un primer paso a la hora de identificar las tecnologías más adecuadas es priorizar si se desea combatir el frío, como es el caso de los países nórdicos, el calor, como sucede en el sur, o ambos, como en los climas mediterráneos. En este último caso habría que llegar a soluciones de compromiso, dado que una misma solución puede ser positiva para el régimen de calefacción y negativa para el régimen de refrigeración, y viceversa.

La estrategia general para el *régimen de calefacción* consiste en la reducción de las pérdidas de calor y aumento de las ganan-

cias solares a través de la envolvente, mediante tecnologías tales como:

- Aislamiento térmico de la envolvente. Para las zonas opacas cabe destacar los paneles de vacío (VIP), fibras naturales, aerogeles y paneles rellenos de gas. Para los elementos semitransparentes destacan los vidrios bajo emisivos, vidrios con aislamiento de aerogel, vidrios con cámara de vacío y policarbonato celular.
- Preacondicionamiento del aire de ventilación mediante recuperadores de calor o serpentines para un precalentamiento natural del aire entrante.

Cuando un edificio funciona en *régimen de refrigeración* la estrategia general para la reducción de su demanda viene dada de fomentar el aumento de las pérdidas de calor y la reducción de las ganancias de calor a través de la envolvente, mediante tecnologías tales como:

- Vidrios con control solar. Se diferencia entre: estáticos, cuyo comportamiento es invariable; inteligentes pasivos, que reaccionan ante las condiciones exteriores; e inteligentes activos, que son controlados mediante sistemas informáticos.
- Elementos de sombreado pasivos (invariables), o los más innovadores que responden en función de las condiciones climáticas exteriores.
- Envolventes poco absorbentes: reflejan gran parte de la radiación recibida del exterior. Un ejemplo son las envolventes vegetales.
- Ventilación natural, controlada mediante sistemas inteligentes que permiten regular los periodos de entrada

del aire frío del exterior y/o el enfriamiento del aire de entrada mediante microevaporadores de agua.

El aumento del aislamiento en cubiertas, es una solución también recomendable. Las tecnologías aplicables son las mismas que las descritas en el aumento de aislamiento para el régimen de calefacción.

Por último hay tecnologías adecuadas para los dos regimenes mencionados, tales como el aumento de la inercia térmica de la envolvente, que se consigue mediante materiales de cambio de fase (PCM), o el almacenamiento térmicoquímico, obtenido mediante sistemas de absorción y desorción.

4.2. Generación de energía a partir de fuentes renovables

El consumo energético de un edificio está destinado a cubrir las necesidades del usuario en cuanto a electricidad, calefacción y agua caliente sanitaria (ACS), principalmente. Aunque según el clima y la zona geográfica parte del consumo energético se emplea también en la refrigeración del edificio.

La generación de la energía que necesita un edificio, a partir de fuentes renovables contribuye a mejorar la sostenibilidad del edificio. Los tipos de energía renovables susceptibles de ser incorporadas al edificio son, en principio, la solar fotovoltaica, la solar térmica, la minieólica, la geotérmica, y la biomasa. Generalmente la totalidad de la energía consumida por un edificio no puede generarse en el propio edificio a partir de una única tecnología de energía renovable, sino de una combinación entre ellas o con otro tipo de fuentes energéticas tradicionales (gas, fuel...).

Esto es debido a que las eficiencias energéticas asociadas a las energías renovables todavía no son muy altas además de la no disponibilidad de forma continua de las fuentes de energía (sol, aire...).

Por esto último parece interesante la incorporación de sistemas de almacenamiento en edificios para poder ajustar la generación y la demanda de energía. Es decir, almacenar la energía generada en periodos de bajo consumo, para poder consumirla en periodos de mayor consumo y baja generación.

Por tanto, en cada edificio se ha de seleccionar la combinación óptima económica-medioambiental de generación de energía y almacenamiento, garantizando el confort al usuario final.

Por otro lado, si la integración de las energías renovables al entorno urbano se hace, en vez de en el edificio, en el barrio o distrito se optimiza la generación y distribución de energía. A su vez, los gastos de inversión y mantenimiento son menores y están compartidos.

Con el fin de facilitar al usuario la instalación y gestión de los sistemas energéticos, está surgiendo un nuevo agente, las ESCO (*Energy Service Companies*). Se trata de empresas de servicios energéticos que diseñan, desarrollan, instalan y financian proyectos de eficiencia energética, cogeneración y aprovechamiento de energías renovables (solar, eólica, etc.) con el objeto de reducir costos operativos y de mantenimiento y mejorar la calidad de servicio del cliente. Asimismo los riesgos técnicos y económicos asociados con el proyecto ya que éste garantiza ahorros energéticos y económicos.

A la hora de identificar y valorar las tecnologías concretas para la generación de energía de forma renovable, hay que tener

en cuenta el uso que se desea hacer con la energía generada, es decir, si se quiere conseguir electricidad, calor, frío, o una combinación de ellas. Por ello se puede clasificar las tecnologías de generación de energías renovables en tres ámbitos diferenciados:

- Generación de calor/frío (ACS y climatización).
- Generación de electricidad.
- Sistemas mixtos (electricidad/calor).

Otro ámbito importante no de generación de la energía concretamente, pero si relacionado con ella, es el del almacenamiento de energía (Sistemas de almacenamiento de energía).

Generación de calor

La generación de calor se puede realizar mediante distintos tipos de energías renovables y/o combinación de ellas: geotermia, solar térmica y biomasa. Según sean las características del edificio o si se trata de rehabilitación o nueva construcción unas pueden llegar a ser más adecuadas que otras.

Así, la geotermia resulta más apropiada para viviendas individuales con terreno o para edificios de nueva construcción con calefacción central. Puede cubrir hasta un 100% de las necesidades de ACS (agua caliente sanitaria) y un 70% de las de climatización. Sin embargo, la aplicación de la normativa resulta complicada: subsuelo, aguas subterráneas, medioambientales...

La biomasa puede resultar más adecuada, ya que puede cubrir el 100% de las necesidades de ACS y calefacción. Es aplicable tanto en rehabilitación como en nueva construcción, siempre y cuando el sistema de calefacción sea también cen-

tralizado. Requiere un amplio espacio de almacenamiento del combustible (*pellets* o astillas), y puede presentar problemas de suministro.

La generación de calor mediante colectores solares térmicos es válida tanto para rehabilitación como en nueva construcción, pero tiene dificultades para llegar a cubrir el 30% de la demanda de ACS según la superficie de tejado disponible. Esto ocurre más en edificios ya construidos por sus limitaciones constructivas de espacio y orientación solar, que en los nuevos, que ya están diseñados con orientaciones solares óptimas y mayor superficie en el tejado.

Dentro de estos sistemas de generación de calor se han identificado una serie de posibles nuevas tecnologías o líneas de investigación:

- Geotermia con bomba de calor reversible: es un sistema de climatización (calefacción y/o refrigeración) que utiliza la gran inercia térmica del subsuelo. Las bombas captan calor en un lado del circuito, para liberarlo en el otro. La bomba de calor reversible permite hacer este traspaso de calor en cualquiera de los dos sentidos según se seleccione, con lo cual puede calentar o enfriar el edificio.
- Calderas de biomasa incorporando un sistemas de captación / separación de aguas residuales como combustible para la caldera. Las aguas residuales urbanas, (ARU), están formadas por los afluentes líquidos que genera el ser humano en su actividad diaria. Se trata de residuos de un contenido en agua muy elevado, De este proceso se obtiene un residuo denominado lodos de depuradoras, donde se queda la mayor par-

te de materia orgánica presente en las aguas residuales. Este residuo se puede procesar para obtener biogás, que a su vez, puede utilizarse como combustible.

- La tecnología denominada frío solar consiste en usar la energía solar (bien fotovoltaica o solar térmica) para enfriar el ambiente del edificio mediante un sistema de refrigeración por absorción. Se basa en la capacidad de absorber calor de ciertos pares de sustancias, como el agua y el bromuro de litio o el agua y el amoniaco. Su funcionamiento se basa en las reacciones físico-químicas entre un refrigerante y un absorbente accionadas por una energía térmica, que en el caso de la energía solar es agua caliente.

Generación de electricidad

La Generación de electricidad a nivel doméstico no es muy elevada. Se realiza principalmente mediante sistemas fotovoltaicos que suelen estar enfocados a la venta de electricidad debido al sistema tarifario actual, aunque en un futuro no muy lejano el autoconsumo será el principal fin de este tipo de sistemas. Dada la escasez de superficie solar en edificios (donde puede haberse ya instalado solartérmica) y su baja eficiencia por unidad de superficie (no mayor de $200 \text{ W}_p/\text{m}^2$) tiene su mayor expansión en las cubiertas de polígonos industriales donde hay mayor disponibilidad de espacio.

La minieólica en edificación es incipiente y su tecnología no está todavía muy desarrollada.

Dentro de estos sistemas de generación de electricidad se han detectado las siguientes tecnologías innovadoras cuya apli-

cación en el edificio puede favorecer a su eficiencia energética:

- Nuevos materiales para la fabricación de células fotovoltaicas (película fina, células orgánicas, termofotovoltaica, nanorecubrimientos) para mejorar la eficiencia y/o mejorar las propiedades requeridas para su integración en diferentes aplicaciones, o para su integración en elementos estructurales del edificio.
- Desarrollo de electrónica para BIPV (MPPT de máximos locales, monitorización y sistemas de detección de fallos, optimizadores de potencia y microinversores...).
- Adecuación de sistemas minieólicos a estructuras arquitectónicas y a entornos urbanizados en cuanto a tamaño, características del viento en dicho entorno, minimización de ruidos, vibraciones e impacto visual...
- Desarrollo de electrónica de potencia inteligente que permita al aerogenerador autoaprender sus curvas de potencia.

Sistemas mixtos o híbridos

Con el objeto de aumentar el rendimiento de los sistemas se están desarrollando sistemas mixtos o híbridos que combinan varias tecnologías para la generación de energía. Algunas de ellas se muestran a continuación:

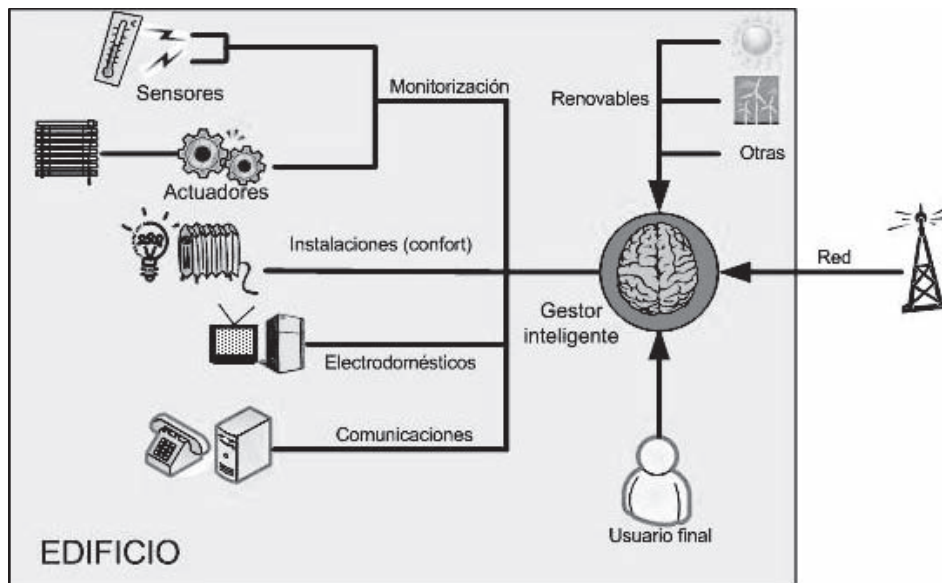
- Sistemas híbridos fotovoltaicos-solar-térmicos, para resolver los dos problemas que restan atractivo a la fotovoltaica que son los prolongados periodos de amortización y su baja eficiencia.

- Sistemas híbridos fotovoltaicos —termodinámica con bomba de calor: Los sistemas híbridos PV— termodinámica utilizan un fluido de baja temperatura en combinación con la bomba de calor, disminuyendo así la temperatura que alcanzan los paneles solares y generando calor para aplicaciones de alta temperatura. Estos sistemas consiguen una mayor eficiencia que los sistemas híbridos fotovoltaicos-solar térmicos convencionales.
- Sistemas híbridos de cogeneración con microturbina generando calor y electricidad simultáneamente.

Almacenamiento de energía

Por último, el almacenamiento de energía generada mediante las fuentes renovables es un campo en el que se están llevando a cabo numerosos estudios, tanto en el almacenamiento de energía en forma de electricidad (pilas NaS, baterías de flujo...) o en forma de calor (almacenamiento térmico mediante sales fundidas, PCMs...). Esto es necesario porque tanto las necesidades de energía del hombre como la producción de energía son muy variables; por lo cual la producción y consumo no siempre se equilibran de manera natural. Por ello, hay que almacenar la energía cuando predomina la producción, para poder consumirla cuando las necesidades sean superiores y la producción no sea suficiente. Adicionalmente, permite otro tipo de servicios de valor añadido, como son disponer de una fuente de alimentación ininterrumpida (UPS) o poder ofrecer servicios de control de calidad de la señal de red cuando se inyecta a la red de suministro.

Gráfico n.º 2

Gestión inteligente de la energía

Fuente: Elaboración propia.

4.3. Integración de soluciones

La implantación en la edificación de las tecnologías anteriormente descritas se complementa con otras tecnologías que permiten una gestión y puesta en obra de las mismas más eficiente, como las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) y la industrialización de los procesos constructivos.

4.4. Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC)

Las tecnologías de la información, TIC, pueden utilizarse para reducir el consumo de energía principalmente en la fase de uso

del edificio, mediante una gestión inteligente de la energía.

Una Gestión Inteligente de la Energía se puede entender como un sistema lógico (implementado sobre una estructura física) cuya misión es garantizar el confort (temperatura, iluminación...) y el correcto funcionamiento de los dispositivos del edificio, eligiendo la configuración más óptima desde el punto de vista de eficiencia energética, siempre teniendo en consideración los requisitos del usuario final.

Las aplicaciones o funcionalidades más comunes de un sistema de gestión inteligente de la energía en edificios o *Building Management Systems* (BMS) son:

- Monitorización remota de parámetros ambientales (temperatura, humedad e iluminación, sobre todo) y la medida de consumos.
- Control inteligente e integrado mediante la automatización de los sistemas del edificio, (tales como la iluminación, calefacción, refrigeración o los sistemas de sombreadamiento), que toma sus decisiones a partir de los valores proporcionados por la red de monitorización del edificio y de las consignas que le lleguen exteriormente (redes de distribución, redes de generación en el propio edificio, estado de la captación pasiva...) para adaptarse a las necesidades reales.
- Red de actuación que automatiza ciertas tareas tradicionalmente manuales (apertura y cierre de ventanas, encendido y apagado de luces...). A partir de las consignas dadas por el sistema de control. Es lo que tradicionalmente se conoce como domótica.
- Sistema predictivo que pueda anticiparse a escenarios futuros evitando así tomar decisiones en el presente que sean incoherentes con la evolución prevista.
- Concienciación del usuario mediante la monitorización, que permite informar al usuario de los consumos, prácticamente en tiempo real y actuar en consecuencia.
- El mantenimiento y gestión de los servicios de generación de energía tales como energía solar fotovoltaica o solar térmica a nivel de edificio, comunidad o red de distribución (REEB, 2009).

De esta manera, un edificio inteligente es aquél cuya regularización, supervisión y control del conjunto de las instalaciones eléctricas, de seguridad, informática, transporte y todas las formas de administración de energías que pueda poseer, se realizan en forma eficiente, integrada y automatizada, con la finalidad de lograr una mayor eficiencia operativa y al mismo tiempo, un mayor confort y seguridad para el usuario, al satisfacer sus requerimientos presentes y futuros.

La tecnología puede ayudar a aumentar la conciencia social de la pérdida de energía, reduciendo el nivel de consumo y además de aportar información útil para la toma de decisiones, siempre y cuando se utilice adecuadamente y no como un sustituto de las medidas de ahorro de energía necesarias. Un ejemplo son los contadores inteligentes —*smart meters*— que indican el consumo instantáneo de cada equipamiento y que permiten alertar a los usuarios de un despilfarro energético. Se ha calculado que el hecho de proporcionar esta información puede reducir el consumo energético hasta en un 15%.

4.5. Proceso constructivo

La implantación de muchas de las tecnologías descritas en los apartados anteriores exigen elevados niveles de calidad (precisión, «cero defectos»...) que sólo se pueden alcanzar en entornos controlados, por lo que la adopción de dichas tecnologías requiere a su vez una evolución de los procesos constructivos hacia la industrialización.

La industrialización es la clave para una gestión de la alta calidad del proceso de construcción, desde la planta de fabricación hasta el punto de construcción (*PLATEA*,

2006). El desarrollo de productos y sistemas preensamblados y soluciones constructivas, incrementa la eficiencia de los procesos constructivos, minimizando el uso de energía, materiales, agua y la generación de residuos, tanto en los procesos de fabricación como en los de instalación de los elementos constructivos en los edificios y permite, por otra parte, el desarrollo de soluciones constructivas más complejas.

El objetivo de la industrialización es la transformación de la industria mediante una *I+D+i* que permita una aproximación al sector de la construcción centrada principalmente en la prefabricación. Para ello, se proponen desarrollos más ambiciosos que contemplen los siguientes aspectos:

- Desarrollo de soluciones constructivas estandarizadas, pero a la vez flexibles y adaptables, que permitan la racionalización de los diseños y procesos constructivos en edificación.
- El desarrollo de unidades constructivas avanzadas de altas prestaciones (tales como la eficiencia energética) y valor añadido para incremento de la productividad del sector. Así, la industrialización permite la entrada en obra de soluciones que por complejidad de los métodos convencionales como las TIC, los VIP o los sistemas activos de fachada.
- La implantación de métodos modernos de construcción, con el objeto de proporcionar mayor productividad, calidad, seguridad y reducción de plazos de construcción.

El acero es un material cuyas propiedades se prestan adecuadamente a la obtención de soluciones competitivas para la edificación industrializada. Además de

permitir el desarrollo de soluciones constructivas prefabricadas, satisface con facilidad, gracias a su elevada resistencia, el requisito estructural exigido a los componentes constructivos que así lo requerirán. De esta forma se obtienen productos avanzados, como sistemas de fachada, que cumplen con garantías los requisitos normativos.

5. TRANSICIÓN DEL 'CLUSTER' DE LA EDIFICACIÓN VASCA HACIA LA SOSTENIBILIDAD

5.1. Relevancia del 'cluster' en términos socio-económicos y consumo energético

Una de las actividades fundamentales dentro del *cluster* de la edificación es la representada bajo el CNAE93 45-Construcción. Este sector se ha visto favorecido desde comienzos de la década por la política económica del Estado, que lo ha convertido en uno de los pilares del desarrollo económico y social al amparo de una demanda expansiva que se ha refugiado en este sector en un intento de asegurar altas rentabilidades en un período expansivo y por ende fuertemente especulativo. Así, el peso del sector construcción en España en 2007, tanto en términos de VAB como de empleo, casi duplicaba al de la UE-15.

A partir de 2008 el sector de la construcción ha experimentado primero una desaceleración y posteriormente una fuerte caída en el conjunto de España. De hecho, la caída tanto en términos de VAB como de empleo en la construcción desde la segunda mitad de 2008 supera ampliamente la caída media del conjunto de la economía española. Por el contrario, el sector de la

construcción en los países de nueva incorporación a la Unión Europea continúa en fase expansiva y las previsiones a medio y largo plazo para estos países y otros de su ámbito geográfico son positivas (GCP y OE, 2010).

La CAPV no ha sido ajena a esta expansión del sector de la construcción, de forma que su aportación al VAB durante la presente década no ha dejado de subir, duplicando prácticamente su valor en tan sólo 9 años. Si a comienzos de la década el VAB de la construcción en la CAPV ascendía a 2.500 millones de euros (7%), en el año 2009 alcanza la cifra de 4.280 millones de euros (10%)², a pesar de la crisis del sector y como consecuencia de la potenciación de la obra civil.

Igualmente, durante el período 2000-2007 el número de empresas dedicadas a la construcción ha pasado de 19.860 a 31.523, lo que supone un incremento del 59%. Igualmente el volumen de mano de obra empleada en este sector se ha incrementado en el 56%, pasando de 60.000 a 95.000 trabajadores aproximadamente (10% respecto al total de trabajadores de la CAPV).

Si se considera el conjunto de empresas del *cluster* de la edificación en la CAPV, estas cifras son aún mayores. En el año 2008, última fecha en la que se disponen datos, el volumen de mano de obra ocupada en este conjunto de empresas asciende aproximadamente a 145.000 trabajadores, lo cual representa el 15% de la mano de obra ocupada en la CAPV. Asimismo, si se compara el VAB agregado del *cluster* de la construcción con el conjunto de la CAPV, este representa aproxima-

damente el 14 % del total. Por otra parte, analizando el crecimiento anual de cualesquiera de las magnitudes representadas se observa que el índice de crecimiento anual durante el período 1997-2008 ha sido del 10%, esto da una idea aproximada de la rápida expansión de este sector durante los últimos 11 años.

En cuanto a la contribución de las distintas industrias de la CAPV que componen el *cluster* de la edificación en relación al empleo es la Construcción de bienes inmuebles, o CNAE 45, es el que mayor peso tiene, estimándose en un 43% en el 2007, y le siguen en orden de importancia el sector de transformados metálicos CNAE 28 —donde se agrupan las empresas que trabajan estructuras metálicas, caldererías, cerrajerías, etc.— y la industria siderúrgica —CNAE 27— con producción orientada a la construcción. Las características de las empresas pertenecientes a cada CNAE son totalmente distintas. Las constructoras y los transformados metálicos se caracterizan por ser pymes con un tamaño medio de empresa de 30 y 50 empleados aproximadamente, mientras que los centros siderúrgicos (CNAE93 27) con productos orientados al sector de la edificación, cuentan con una plantilla media por empresa de 570 empleados.

En cuanto a productividad (ratio que relaciona el VAB y el empleo) y la rentabilidad (ratio que relaciona beneficio/fondos propios) destacan la siderurgia (CNAE 27), la extracción de minerales no metálicos (CNAE 14) y la fabricación de otros productos minerales no metálicos (CNAE 26).

En lo que a consumo energético respecta, el *cluster* de la edificación representaba cerca del 25% del consumo final de energía de la CAPV en el 2005, siendo los

² Fuente: EUSTAT, Cuentas Económicas.

sectores residencial y servicios, con un consumo de 1051 ktep —18,3%³ del consumo final—, las actividades con mayor contribución a dicho consumo. El mayor porcentaje de dicho consumo energético se produce en la fase de uso de los edificios, lo que se corrobora por el hecho de que la actividad propia de ejecución del edificio (CNAE93 45) supone tan sólo el 0,2% del consumo final de la CAPV, siendo una de las actividades del *cluster* con menor consumo energético.

5.2. La innovación en el ‘cluster’

La calidad de vida está determinada en gran medida por el entorno que nos rodea y protege. Las innovaciones tecnológicas introducidas en la edificación han modificado el diseño de los edificios, las infraestructuras, los materiales utilizados, y en definitiva, el entorno. Sin embargo, y salvo un limitado número de ejemplos como es el caso de algunas estructuras, puentes o túneles, el sector de la construcción sigue mostrándose reacia a la innovación si se compara con los cambios tecnológicos que han sufrido en otros campos de la industria (RTD Info, 2000).

La construcción (CNAE93, 45) se caracteriza por ser un sector poco dinámico, en términos de inversiones bajas de I+D (Gann, 2000), ciclos económicos muy largos y variaciones cíclicas muy fuertes en términos de demanda y beneficios. Es un sector con bajos beneficios y con un tamaño de empresas reducido. Todo ello acentúa los riesgos financieros asociados a las inversiones en I+D (Blackley y Shepard, 1996).

Las empresas de la construcción se estructuran normalmente como organizacio-

nes basadas en proyectos más que en empresas organizadas funcionalmente, con productos diseñados de forma personalizada y servicios sobre la base de proyecto (Blindenbach-Driesses y van den Ende, 2006). En una producción basada en proyectos, todas las actividades, incluidas las innovadoras, son generalmente realizadas en colaboración con otras empresas, clientes, proveedores, *partners*, etc. A pesar de sus diferentes conocimientos de partida, todos ellos necesitan ligarse en el proceso para que la innovación sea exitosa (Bayer y Gann, 2007). Sin embargo, cuando la producción se lleva a cabo *in situ* y cada proyecto lleva asociado un equipo de trabajo distinto, es difícil que se repitan o haya continuidad en la innovación. Por tanto, a pesar de que los proyectos representan sistemas flexibles de producción que permiten la coordinación de redes entre empresas, raramente ocurre que pueden integrar, más allá del desarrollo, y transformar el conocimiento adquirido en capacidades organizativas (Davies y Brady, 2000; Acha *et al.*, 2005).

El tipo de *outputs* que produce la construcción, son grandes bienes e inmuebles y con un alto grado de complejidad e interdependencia en términos de número y rango de recursos y componentes implicados. Son bienes muy duraderos y generalmente más caros que otros productos manufacturados, ligados a la cultura local y a valores ascéticos, tendiendo a los diseños y técnicas de construcción más conservadores, lo que también puede explicar el freno a la innovación y a la introducción de soluciones singulares también desde la parte del consumidor.

Hasta el momento, por tanto, el sector de la construcción ha sido considerado como un sector de baja intensidad tecnológica, y como tal ha sido identificado con bajos niveles no sólo de inversiones en

³ Elaboración propia a partir de los datos del EVE (EVE, 2006).

I+D sino también de innovación, tal como ocurre también en la CAPV. Sin embargo, desde nuestra perspectiva esto no significa que el sector esté exento de innovación, sino que utiliza unos patrones singulares, basados en «hacer, usar e interactuar» que conllevan en su mayoría innovaciones de carácter incremental y, a menudo puntuales y poco sistemáticas.

Asimismo, en la actualidad se observa una creciente concienciación sobre la importancia de adoptar innovaciones relacionadas con los conceptos de eficiencia y sostenibilidad por parte de algunos agentes del sector, tales como las instituciones públicas de los estados más avanzados, los tecnólogos y las grandes corporaciones.

De hecho se observa una innovación de proceso en el sector de la construcción, que induce a la incorporación de conceptos tales como el de su industrialización para lograr la eficiencia en el proceso productivo. En relación a este tipo de innovación, hay que señalar como, a su vez, el sector de la construcción actúa como fuente de innovación del sector de la maquinaria y equipos que utiliza para las distintas labores que van desde el proceso de excavación hasta la demolición, e incluso la eliminación de residuos.

Otro aspecto importante a reseñar es la influencia que los arquitectos y los servicios de ingeniería pueden ejercer en actividades de diseño de nuevos procesos e incorporación de nuevos materiales en la fase de edificación.

En el ámbito de las innovaciones de producto, la construcción está íntimamente ligada con los desarrollos que se producen por parte de los proveedores de materiales y servicios que actúan tradicionalmente como fuentes de innovación para el sector de la

construcción. Lo cierto es que tampoco estos sectores han sido tradicionalmente innovadores, mostrando escasa capacidad de incorporar mayor intensidad de conocimiento en sus productos. En otras palabras son sectores, en general, de baja o como mucho media intensidad tecnológica. Sin embargo en los últimos años, al igual que ocurre en otros sectores tradicionales tales como podría ser el textil, los avances en disciplinas científico tecnológicas en las áreas de los nanomateriales o las biotecnologías, entre otras, están influyendo en la búsqueda de nuevos y/o mejorados materiales, y especialmente para su mayor eficiencia y funcionalidad, y por ende sostenibilidad, tal como se puede ver en el caso vasco.

Otra innovación de carácter sostenible en el sector tiene que ver con la incorporación de las energías renovables en el edificio. Obviamente este tipo de proceso representa la modernización no sólo del sector de la construcción y de los servicios asociados al mismo tales como el diseño arquitectónico y la ingeniería, sino también del sector energético, otro sector eminentemente tradicional en términos de innovación. En este sentido la inserción de las renovables en el edificio estimula, entre otras cuestiones, una ruptura en el sistema energético tradicional, basadas en combustibles fósiles y energía nuclear, así como en sistemas centralizados de generación y distribución de energía, promoviendo de este modo el desarrollo de nuevas tecnologías y servicios.

Desde la perspectiva de la sostenibilidad del *cluster* de la edificación sostenible, la innovación se orienta no sólo al producto sino también a su proceso productivo. El objetivo es lograr la mayor eficiencia y productividad de los sectores que componen la cadena de suministradores del sector de la construcción, que como hemos visto an-

teriormente, son los que hacen al *cluster* de la edificación muy vulnerable en términos energéticos y climáticos.

Las innovaciones medioambientales pueden ser definidos como la creación o uso de los equipos de producción, tecnologías y procedimientos, pero también como productos y procesos que son sostenibles, ya que ellos optimizan el uso de la energía, los recursos naturales, minimizando al mismo tiempo la huella de carbono de la actividad humana y/o protegiendo el medio ambiente natural de manera activa (Dewick y Miozzo, 2002).

Las innovaciones medioambientales constituyen uno de los caminos a través de los cuales se induce a la creación de la industria de la construcción sostenible. La construcción sostenible se traduce en una interacción dinámica de desarrolladores de nuevas soluciones, inversores, la industria de la construcción, servicios de profesionales, proveedores de la industria y otros relevantes, que acuerdan alcanzar un desarrollo sostenible, tomando en consideración aspectos medioambientales, socioeconómicos y factores culturales (EC, 2007).

Así pues la sostenibilidad en el sector de la construcción en particular, y en el *cluster* de la edificación en general, puede ser mejorada a través de la actuación en un conjunto de factores interrelacionados, entre ellos: innovaciones medioambientales para la construcción sostenible, regulaciones y estandarizaciones, estructura de mercado y cadena de valor industrial, educación, gestión de costes y riesgos, deconstrucción, demolición y gestión de desechos.

Todos estos aspectos, entre otros, han sido tenidos en cuenta en el estudio sobre el *cluster* vasco de la edificación y los motores y barreras que presentan para su transición hacia la sostenibilidad, y cuyas

principales conclusiones se presentan en el siguiente apartado.

5.3. Motores y barreras del sistema vasco para su transición hacia la sostenibilidad

La multitud de agentes implicados en la toma de decisiones en el ámbito de la energía en los edificios hace necesario adoptar una aproximación de abajo-arriba o (*bottom-up*), en la que se analizan las competencias de cada uno de los agentes del *cluster* de la edificación, así como sus fortalezas y debilidades en relación con la eficiencia energética y las energías renovables en la edificación, constituyendo una de las referencias claves para el desarrollo de políticas que permitan la transición a edificios «Zero Energy».

A continuación se presenta una caracterización general de cada uno de los grupos de agentes que componen el *cluster* de la edificación en la CAPV, que ha iniciado un proceso de transición hacia un escenario de economía bajo en carbono. Los resultados de este análisis provienen de la realización de conjunto de entrevistas y de análisis documental realizado en el marco del proyecto eCo-BERRI antes citado.

Sistema científico tecnológico

La innovación empresarial requiere del apoyo de los centros de investigación y de la Universidad. El sistema científico tecnológico de la CAPV se caracteriza por:

- Ser un sistema consolidado, con I+D+i orientada a la construcción y a la energía en edificación. La RVCTI (Red Vasca de Ciencia, Tecnología e Innovación) está constituida por Universida-

des, Centros de Investigación Cooperativa (CIC) y Centros Tecnológicos que cubren el ciclo de vida de la tecnología desde la investigación básica hasta la transferencia tecnológica.

- Desarrollo de líneas de trabajo específicas entre las que cabe destacar: la caracterización de las prestaciones y el comportamiento de productos; el estudio de la influencia de la ventilación en la calidad de aire interior y la eficiencia energética; el estudio de la influencia de distintas soluciones constructivas (como los materiales de cambio de fase, fachadas ventiladas, elementos de sombreado, elementos fotovoltaicos activos...) en la demanda energética del edificio, y la optimización del diseño de nuevas soluciones constructivas para disminuir la demanda energética anual de un edificio, dependiendo de sus características particulares (zona climática, usos...).
- Contar con infraestructuras de experimentación referentes a nivel europeo. Entre éstas, cabe mencionar el Área Térmica del Laboratorio de Control de Calidad para La Edificación del Gobierno Vasco y KUBIK, que es el edificio experimental de Tecnalia, uno de los principales agentes de RVCTI.
- Muy buen posicionamiento a nivel internacional. Tecnalia es uno de los miembros más activos de la ECTP (Plataforma Tecnológica Europea de la Construcción) y la E2BA (Asociación para la Eficiencia Energética en la edificación), siendo miembro de sus órganos de dirección y líder de algunas de sus líneas estratégicas de investigación. Igualmente, actúa

como representante de España en la IEA-International Energy Agency. Por otra parte, la fuerte implicación de miembros de la RVCTI en los proyectos del Programa Marco de Investigación de la Unión Europea les permite estar en contacto permanente con los centros y universidades de referencia (Fraunhofer, TNO, VTT, CSTB, CEN, SINTEF, etc.).

- Formación especializada a través de la Universidad, pero de carácter voluntario y fundamentalmente orientada estudios de postgrado. Una de las barreras identificadas es que la formación en el ámbito de eficiencia energética y energías renovables no es de carácter obligatorio en las escuelas técnicas (ingeniería y arquitectura). Sin embargo, tanto la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Bilbao como la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Donosti imparten masters de formación con título propio orientado a la eficiencia energética. Así mismo, las Aulas de Ecodiseño de las E.T.S. de Ingeniería de Bilbao y la Universidad de Mondragón promueven la introducción del ecodiseño en la edificación y en los materiales de construcción dando apoyo técnico a la industria y mediante el desarrollo de guías.
- Liderazgo limitado del I+D+i por parte de la industria. Pese al gran entramado existente y las capacidades instauradas, las entidades identificadas como desarrolladoras de I+D+i deben colaborar más estrechamente con fabricantes y constructoras para identificar sus necesidades y desarrollar una investigación más orientada a mercado.

Equipo facultativo-arquitectos e ingenieros

La eficiencia energética en la edificación ha de partir desde una planificación urbana bajo criterios de sostenibilidad, de forma que ésta constituya la base para que los equipos que diseñan los edificios posteriormente incorporen el diseño bioclimático y el diseño pasivo de los edificios. Se requiere de un trabajo en estrecha colaboración entre arquitectos e ingenieros para un diseño integral que incorpore equipos y sistemas de alto rendimiento adaptados a las necesidades reales del edificio, controlando su comportamiento mediante sistemas inteligentes. En la CAPV, este personal técnico se caracteriza por:

- Creciente interés por la eficiencia energética y las energías renovables en edificación. A día de hoy, en general, existe un gran desconocimiento y una baja concienciación, condicionada por la escasa formación de carácter obligatorio en las escuelas técnicas en el ámbito de eficiencia energética y las energías renovables. Sin embargo son cada vez más los profesionales que se forman en el ámbito de la eficiencia energética y la sostenibilidad, condicionados por el nuevo marco normativo (por ejemplo, el CTE-Código Técnico de la Edificación), la conciencia social y por identificar éstas como un elemento diferenciador respecto a su competencia, aspecto especialmente relevante en épocas de crisis.
- Estudios de arquitectura y gabinetes de ingeniería muy pequeños. En la CAPV los estudios de arquitectura y consultoría técnica relacionados con la edificación, cuentan con una plan-

tilla media de 5 empleados. En muchos casos son organizaciones unipersonales, con un perfil muy similar (arquitecto-aparejador o ingeniero), que difícilmente contemplan el diseño integral.

- Poca integración entre los equipos de arquitectura y los de ingeniería. Salvo equipos facultativos multidisciplinares, los arquitectos subcontratan a las ingenierías el cálculo de instalaciones y los aspectos relacionados con la energía. Pero si las especificaciones iniciales son vagas o difusas, difícilmente se concretarán en soluciones integrales adaptadas al proyecto final.
- Algunos equipos son referentes a nivel nacional. En la CAPV también existen grandes consultorías técnicas con equipos multidisciplinares que integran la eficiencia energética en sus proyectos y son referentes a nivel nacional.

Promotores y constructores

El constructor ejecuta con medios humanos y materiales las obras con sujeción al proyecto redactado por el equipo facultativo. Al igual que los promotores, los constructores juegan un papel fundamental en materializar la innovación, dado que son los responsables finales de incorporar las nuevas soluciones a los edificios. Las características fundamentales del colectivo de promotores y constructores de la CAPV son:

- Empresas muy pequeñas. En la CAPV el sector está caracterizado por pymes con un tamaño promedio de 35 empleados. Sólo en torno a un 10% de las mismas cuenta con una

plantilla de más de 100 empleados y un número suficientemente elevado de personal cualificado capacitado para incorporar nuevas soluciones innovadoras en sus proyectos.

- No son grandes tractoras de I+D, son pocas las constructoras que definen sus necesidades de I+D. Esta constructoras generalmente adoptan nuevas soluciones tecnológicas con el apoyo de los Centros Tecnológicos y los desarrolladores externos de soluciones constructivas.
- Preferencia por soluciones y productos consolidados en el mercado. En lo que a la integración de la energías renovables en el edificio respecta, los constructores e instaladores de la CAPV se decantan muchas veces por productos importados por considerarlos más avanzados o con mayor penetración en el mercado que los desarrollados aquí.
- Desconocimiento de las soluciones innovadoras. La puesta en obra de nuevas soluciones o productos para la energía en edificación requiere de nuevas técnicas de ejecución, en muchos casos desconocidas por el personal de obra, derivando en una mala puesta en obra y un funcionamiento deficiente de las mismas.
- La integración de las energías renovables se considera como un añadido al que se presta escasa atención en la fase de diseño. Existen en la CAPV un gran número de pymes cuya actividad está centrada en la instalación de energías renovables, pero que generalmente llegan al edificio en fase de obra y no de diseño. La formación y continua actualización

en tecnologías y sistemas de estos profesionales es vital para una buena ejecución de las instalaciones que dé lugar a un funcionamiento óptimo de éstas.

Suministradores y fabricantes

La cadena de suministradores abastece al constructor tanto de materiales como de soluciones constructivas. Ésta se caracteriza en la CAPV por:

- Un tejido industrial constituido por empresas heterogéneas y con diversidad de culturas. Coexisten fabricantes de materiales y soluciones constructivas en muchos casos pertenecientes a grupos multinacionales (cemento, acero, vidrio, materiales poliméricos), más habituadas a la incorporación de innovaciones, con pymes locales intensivas en mano de obra.
- Gran tradición industrial. Aunque muchas de las empresas pertenecen en la actualidad a multinacionales, fueron en su origen industrias locales, que aún desarrollan su propio I+D.
- Los proveedores y fabricantes están sujetos a las exigencias y prescripciones de las constructoras y equipos facultativos. Esto condiciona la comercialización de sus productos, especialmente cuando son novedosos, de alto valor añadido y sin economías de escala.
- La industria de extracción y producción de minerales no metálicos (cemento, cal, vidrio y productos de hormigón), la siderúrgica (perfiles, redondos y alambón) y la de los transformados metálicos tienen una gran tradición, empleo y valor añadido.

- Adopción de las mejores tecnologías disponibles en el proceso productivo. A nivel de proceso, tanto la industria de productos minerales no metálicos como la industria siderúrgica cuentan con las mejores tecnologías disponibles, lo que contribuye a tener ratios de emisión y consumo energético específicos comparables al resto de Europa.
- Presencia de fabricantes con alto potencial de innovación en los productos que contribuyen a la mejora de la eficiencia energética de los edificios. La CAPV cuenta con varias empresas que ya están trabajando en los nichos tecnológicos identificados anteriormente o serían capaces de adoptarlas fácilmente.
- Eficiencia energética en edificación. Fabricantes de materiales de cambio de fase (PCM), vidrio flotado para edificación que podrían admitir la aplicación de películas bajo emisivas y de control solar, paneles de vacío (VIPs) y elementos de sombreado. Estos productos, por su bajo espesor y altas prestaciones, pueden ser susceptibles de integrarse tanto en edificios nuevos como en la rehabilitación.
- Solar fotovoltaica. La CAPV cuenta con fabricantes de vidrio para paneles, módulos, inversores y baterías.
- Minieólica. La generación de electricidad mediante energía minieólica es un sector que está emergiendo en los últimos años. En consecuencia, las empresas de la CAPV en este campo son empresas que están diversificando su actividad y otras de nueva creación, que están desarrollando I+D de producto para este sector (ae-

rogeneradores minieólicos, inversores para minieólica...) y en algunos casos empiezan a fabricar y comercializar dichos productos.

Usuario

Es el que habita en el edificio y el que finalmente hace uso de las medidas implantadas en el mismo. Sin embargo dos edificios similares con el mismo nivel de demanda energética pueden tener consumos diferentes debido al uso (o mal uso) realizado en el mismo. Por lo tanto, el usuario se convierte en un factor clave para la eficiencia energética del edificio, tanto desde el punto de vista de uso del mismo como de su demanda de edificios energéticamente eficientes. Los factores que condicionan su comportamiento son los siguientes:

- Escasa concienciación sobre la importancia de la eficiencia energética en los edificios. Una de las grandes barreras es el bajo conocimiento y concienciación en los ámbitos de la energía por parte del usuario.
- No se observa el impacto directo de sus acciones en el consumo energético del edificio, los flujos de energía no se ven. La falta de conciencia del consumo de energía del usuario en sus actividades diarias tiene como consecuencia un derroche de la energía por el incorrecto funcionamiento del edificio y de las instalaciones.
- Periodos de amortización relativamente largos. Los periodos de amortización de las tecnologías de eficiencia energética e integración de renovables son superiores a dos años, que es la expectativa típica de amor-

tización de una inversión por parte de los usuarios, lo que las hace poco atractivas. Un factor determinante de estos largos periodos de amortización es el bajo precio actual de la energía.

- Recelo de las soluciones poco conocidas. Las soluciones innovadoras y poco implantadas en el mercado, y cuyo comportamiento en el tiempo no está comprobado, resulta más una barrera que un atractivo cuando se adquieren bienes muy duraderos, como por ejemplo la vivienda.

Sistema de generación y distribución de energía

Encargadas del abastecimiento de energía a los edificios, y al mismo tiempo de la compra de electricidad en régimen especial, son las que fijan los precios de energía. Las tarifas energéticas actuales no reflejan el coste real de la energía. La tarificación actual de la energía no es variable en función de la franja horaria, por lo que los precios, en horas punta de demanda son inferiores al coste real. Esto representa una barrera para incentivar estrategias de eficiencia y generación de energía mediante renovables.

Aseguradoras

El promotor está obligado a la suscripción de un seguro que cubra los daños y defectos del edificio. Las compañías aseguradoras son reticentes a aceptar soluciones constructivas innovadoras. En muchas ocasiones las compañías aseguradoras se perciben como un freno a la innovación, ya que ponen muchas trabas para asegurar un edificio cuando las prestaciones de los productos no están sobradamente contrasta-

das a través de su implementación en otros edificios previamente, dificultando así la incorporación de soluciones innovadoras.

Administración Pública

Todas las escalas de la Administración Pública, desde la europea hasta la administración local, están fuertemente implicados y concienciados de la importancia de la energía en edificación —eficiencia energética y la integración de renovables—. En el ámbito de la CAPV esto es avalado por las distintas iniciativas que se han desarrollado, entre las que cabe destacar:

- La elaboración de guías de edificación sostenible, que entre otros aspectos ambientales, contempla la eficiencia energética.
- Programas de auditorias y certificación energética.
- Programas de rehabilitación energéticamente eficiente en la edificación.
- Formación e impartición de cursos focalizados a los profesionales del sector.
- Presencia en proyecto europeos.
- Introducción de parámetros de compra verde, estableciendo especificaciones de sostenibilidad en sus pliegos de condiciones técnicas —incluyendo la aplicación de las guías de edificación sostenible— que van más allá de lo estrictamente requerido por la normativa.
- Programas para el fomento y desarrollo de nuevos productos en la industria.
- Inversión en infraestructuras experimentales y laboratorios.

A escala autonómica, los departamentos y las sociedades públicas implicadas en este ámbito son, entre otros: el Departamento de Industria, SPRI y EVE; el Departamento de Vivienda y VISESA; el Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca e IHOBE, además del resto de departamentos (Educación, Sanidad...), que son responsables de sus edificios administrativos. La Administración local complementa las actuaciones de estos organismos mediante otra serie de iniciativas, como la planificación urbana sostenible, programas de formación, etc.

A pesar de la relevancia de las actuaciones realizadas por la Administración y su implicación en la potenciación de la eficiencia energética y la integración de renovables en la edificación, se identifican dos aspectos a mejorar:

- Mayor coordinación entre los órganos de la Administración. A pesar de la concienciación y las iniciativas anteriormente listadas, la alta fragmentación de sus competencias dificulta las actuaciones integrales.
- Simplificación de los trámites administrativos. Ligado con esta elevada fragmentación, la alta burocracia administrativa dificulta la incorporación de nuevas soluciones constructivas, principalmente si estas se deben implantar a nivel de barrio (por ejemplo, *district-heating*, geotermia).

6. PRIMERAS REFLEXIONES PARA LA POLÍTICA DE ECO-INNOVACIÓN EN EUSKADI

La construcción eficiente energéticamente y la integración de energías renova-

bles tanto en obra nueva como en rehabilitación es uno de los principales objetivos en las políticas de vivienda en el País Vasco y en Europa, y así lo avala el marco europeo favorable anteriormente citado. Siendo la rehabilitación del parque existente, por su volumen de mercado y por la capacidad de ahorro energético, el ámbito que ofrece mayores posibilidades de ahorro energético en el computo de los sectores de consumo final a nivel europeo.

Como se ha comentado anteriormente, el sector de la edificación es un sector reactivo en el que los mecanismos de mercado no son suficientes para introducir los cambios, máxime cuando lo que se intenta es introducir cambios sociotecnológicos, cuando menos rupturistas para el régimen establecido. Obviamente, ello hace indiscutible y estratégica la actuación de la administración para promover la introducción de las nuevas soluciones en la edificación desde diferentes planos de actuación.

Desde el ámbito de la I+D+i, la edificación sostenible debe adquirir un mayor visibilidad y peso en cuanto a inversiones en las distintas áreas científicas-tecnológicas que se relacionan con el desarrollo de este campo de aplicación. Asimismo, deben promoverse otro tipo de acciones que den soporte a actividades de demostración y difusión de las nuevas tecnologías verdes que se desarrollen en este ámbito, abarcando de este modo los instrumentos políticos las distintas fases de la innovación tecnológica.

La administración, como regulador e impulsor de legislación específica, tracciona el sector mediante la implantación de requisitos normativos de obligado cumplimiento. Esto obliga a todos los agentes (arquitectos

tos, constructores, proveedores) a responder a nuevos requerimientos y por tanto a innovar e incorporar las soluciones que contribuyan a mejorar el comportamiento energético del edificio.

La certificación de los edificios ofrece una mayor transparencia en las evaluaciones energéticas y permite comparar objetivamente la eficiencia de diferentes edificios. A partir de estos resultados pueden establecerse criterios de priorización en las necesidades de rehabilitación. Para garantizar la correcta aplicación del procedimiento es necesaria la verificación de la certificación y llevar a cabo auditorias energéticas periódicas en la fase de uso del edificio que garanticen su correcto funcionamiento. Los instrumentos normativos y de control deben seguir reforzándose y garantizar su cumplimiento. A medio-largo plazo la normativa debe tender a exigir edificios «zero carbon».

Existen determinadas barreras administrativas y legales que conciernen a la incorporación al mercado de las soluciones innovadoras orientadas a la eficiencia energética, tanto en obra nueva como en rehabilitación (tales como límites de fachadas, propiedad del suelo, etc.). Para salvar estas barreras es necesaria una comunicación fluida entre las diferentes administraciones con competencias en el campo, simplificando la burocracia, eliminando las barreras de la alta fragmentación y estableciendo un objetivo común entre ellas con objeto de llegar a la «ventanilla única». Esto crearía un marco favorable para la introducción de nuevas soluciones constructivas, especialmente cuando éstas se deben implantar a nivel de barrio.

La administración como potenciador de mercados actúa introduciendo nuevas so-

luciones en sus promociones e incluyendo parámetros de compra verde. Como promotor, la administración implanta y valida el comportamiento de nuevas soluciones en sus promociones; y mediante la introducción de parámetros de compra verde, por ejemplo la aplicación de determinados códigos de valoración cuando aún estos son de carácter voluntario, contribuye, a la concienciación y formación de los equipos facultativos y los constructores en los ámbitos de la sostenibilidad; y a que su parque edificatorio sea referente en los ámbitos de la eficiencia energética.

La puesta en obra de soluciones novedosas presenta una dificultad para los profesionales sin formación en el ámbito de la energía en edificación. En este sentido hay que promover acciones que permitan un asesoramiento técnico e incluso la formación específica que permita al colectivo de profesionales involucrados en la ejecución de los edificios familiarizarse con la puesta en obra de estas soluciones; a los equipos facultativos conocer sus mejores prestaciones; a los usuarios conocer el potencial de ahorro en su factura energética y a los fabricantes obtener resultados cuantificables del comportamiento energético en condiciones reales.

Como organismo ejemplarizador, la administración introduce la eficiencia energética y parámetros de sostenibilidad desde la planificación urbana y asegura la alta eficiencia energética y la generación de renovables en sus propios edificios.

Como dinamizador, la administración fomenta mediante instrumentos fiscales e incentivos la rehabilitación energética o los edificios que tienen un comportamiento energético bueno —A o B— en la escala de clasificación del CTE. Pero se ha de se-

guir trabajando en este ámbito, y garantizar la incorporación de renovables, la rehabilitación integral, el uso de las mejores técnicas en la construcción y premiar los usuarios con consumos reales del edificio menores a los estimados por los expertos.

Pero para que finalmente la energía en edificación acabe penetrando en el mercado y el usuario final del edificio lo valore y lo introduzca como criterio de compra de los bienes inmuebles, es necesario desarrollar campañas de educación y sensibilización que fomenten la incorporación de la energía en todas las fases de la edificación e impliquen a todos los agentes involucrados en el proceso constructivo. Una mayor concienciación de la ciudadanía llevará a futuro a convertir la eficiencia energética en la edificación en un requerimiento de mercado que movilizará al *cluster* de la edificación en su conjunto.

Las estrategias de eco-innovación, además, pueden servir como mecanismo de planificación que establezca prioridades de actuación a medio y largo plazo. Los cambios de régimen socio-tecnológico como el que el sector de la edificación ha comenzado a protagonizar necesita objetivos claros y estables a largo plazo. De la misma forma este tipo de estrategia puede servir como integrador de políticas a nivel vertical (con otras administraciones) y horizontal (con otros sectores), así como de instrumentos de distinto carácter como los arriba descritos. El *mix* de políticas es otro factor clave en el desarrollo de las políticas de eco-innovación de los países pioneros que a su vez son líderes de mercado en tecnologías bajas en carbono, como las que el sistema tecnológico de la edificación sostenible ha comenzado a desarrollar en nuestra región.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACHA, V., GANN, D.M. y SALTER, A.J. (2005): «Episodic Innovation: R&D Strategies for Project-Based Environments», *Industry and Innovation*, 12(2), 255-281.
- BAYER, S. y GANN, D. (2007): «Innovation and the Dynamics of Capability Accumulation in Project-Based Firms», *Innovation: Management, Policy & Practice*, 9(3-4), 217-234.
- BLACKLEY, D.M. y SHEPARD, E.M. III (1996): «The diffusion of innovation in home building», *Journal of Housing Economics*, 5(4), 303-322.
- BLINDENBACH-DRIESSEN, F., VAN DEN ENDE, J. (2006): «Innovation in Project-Based Firms: the Context Dependency of Success Factors», *Research Policy*, 35, 545-561.
- BROWN (2001): «Market failures and barriers as a basis for clean energy policies». *Energy Policy*. 2001.
- DAVIES, A. y BRADY, T. (2000): «Organisational Capabilities and Learning in Complex Product Systems: towards Repeatable Solutions», *Research Policy*, 29, 931-953.
- DEWICK, P. y MIOZZO, M. (2002): «Sustainable Technologies and the Innovation-Regulation Paradox». *Futures*, 34, 823-840.
- EC (2003): *Proposal for a Directive of the European Parliament and of The Council on energy end-use efficiency and energy services*. Brussels, 8.12.2003. December 2003.
- (2007): Communication from the commission to the European council and the European parliament *An Energy Policy for Europe*. Brussels, 10.1.2007-COM(2007) 1 final. January 2007.
- (2008a): Communication From The Commission To The European Parliament, The Council, The European Economic And Social Committee And The Committee Of The Regions *Second Strategic Energy Review An EU Energy Security And Solidarity Action Plan*. Brussels, 13.11.2008. SEC(2008) 2872. November 2008.

- (2008b): *Un Plan de Recuperación Económica Europea*, Bruselas, 26.11.2008, COM(2008) 800 final. November 2008. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0800:FIN:ES:PDF>.
- ECTP (2005): *European Construction Technology Platform-Strategic Research Agenda*. December 2005. http://www.ectp.org/documentation/ECTP-SRA-2005_12_23.pdf.
- EVE (2006): País Vasco. Datos energéticos. 2006.
- E2BA (2009): *Energy-efficient Buildings (EeB) PPP-Research Priorities for the Definition of a Multi-Annual Roadmap And Longer Term Strategy*. December 2009. <http://www.e2b-ei.eu/documents/EeB%20PPP%20Multiannual%20Roadmap%2018%20jan%202010%20last.pdf>.
- FUNDACIÓN ENTORNO (2009): *Análisis de la viabilidad económica de la edificación energéticamente eficiente, 2009*.
- GANN, D.M. (2001): «Putting Academic Ideas into Practice: Technological Progress and the Absorptive Capacity of Construction Organizations», *Construction Management and Economics*, 19, 321-330.
- GLASS (2008): «New build, Materials, techniques, skills and innovation», *Energy Policy* 36 (2008), 4354-4538, 2008.
- IPPC (2007): «Climate Change 2007». *Mitigation of Climate Change 2007. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007*.
- LJUNGBERG (2007): «Materials selection and design for development of sustainable products», *Materials & Design*. 2007.
- M2i (2009): «Material Scarcity», *M2i materials innovation institute*, november 2009.
- McKINSEY (2009): «Pathways to a Low-Carbon Economy», Version 2 of the *Global Greenhouse Gas Abatement Cost Curve*. McKinsey & Company 2009.
- PORTER, M. (1998): «On competition». *Harvard Business School Press*, Boston.
- PLATEA (2006): *Plataforma Tecnológica Española del acero*, septiembre 2006.
- REEB (2009): «Vision for ICT supported Energy Efficiency in Construction». *FP7 REEB Project*, december 2009. <http://www.ict-reeb.eu/index.html>.
- RICHARD HILL et al. (1997): «Sustainable Construction: principles and a framework for attainment», *Construction Management and Economics* (1997) 15, 223-239.
- RTD INFO (2000): «RTD Info, Magazine for European research». *Impetus for innovation*. Number 26, may 2000. <http://ec.europa.eu/research/rtdinfo/en/26/constr1.html>.
- WBCSD (2007): *Policy Directions to 2050 A business contribution to the dialogues on cooperative action*. 2007.
- (2009a): «World Business Council for Sustainable». *Development Energy Efficiency in Buildings the Market*. 2009.
- (2009b): «World Business Council for Sustainable». *Transforming the Market*. 2009.
- (2009c): «World Business Council for Sustainable». *Business realities and opportunities*. 2009.
- (2009d): *Roadmap for Market Transformation*. 2009.
- WEIZSÄKER et al. (2009): Ernst von Weizsacker, Karlson Charlie Hargroves, Michael H. Smith, Cheryl Desha and Peter Stasinopoulos. *Factor Five, Transforming the global Economy through 80% improvements in resource productivity*, Ed. Earthscan, 2009.