

05-018

FACTORS THAT AFFECT THE IMPLEMENTATION OF RENEWABLE ENERGY TECHNOLOGIES AND ENERGY EFFICIENCY MEASURES IN EXISTING UNIVERSITY BUILDINGS

Fuentes Del Burgo, Joaquin⁽¹⁾; Monteiro Ramos, Nuno Manuel⁽²⁾; Poças Martins, João⁽²⁾;
Navarro Astor, Elena⁽³⁾

⁽¹⁾Universidad de Castilla-La Mancha, ⁽²⁾Universidade do Porto, ⁽³⁾Universitat Politècnica de València

The European Commission proposed in the Strategy Europe 2020 to reach the objective "20/20/20" in the matter of climate and energy. Among the objectives that were presented, it was proposed to increase the use of renewable energy sources in final energy consumption up to 20% and improve energy efficiency by 20%. In this context, the use of renewable energies and the establishment of minimum energy efficiency requirements are essential tools to reduce the energy consumption of buildings. This research tries to find what factors affect the implementation of renewable energy technologies and energy efficiency measures in existing university buildings. A qualitative research has been designed with semi-structured interviews with technicians and / or service managers working in the infrastructure management units of buildings or university campuses in Universities of Spain and Portugal. The degree of implementation of renewable energy technologies in this type of buildings is small. There are factors of a financial, technological, regulatory, social acceptance, architectural and urbanistic type. It has not been found a single factor that conditions the implementation of these technologies, although the most relevant is related to economic restrictions.

Keywords: *Renewable energy technologies; energy efficiency; university buildings; Horizon 2020*

FACTORES QUE CONDICIONAN LA IMPLANTACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE ENERGÍAS RENOVABLES Y LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS UNIVERSITARIOS EXISTENTES

La Comisión Europea en la Estrategia Europa 2020 propuso alcanzar el objetivo «20/20/20» en materia de clima y energía. Entre las metas planteadas, se programó incrementar el empleo de las fuentes de energía renovables en el consumo final de energía hasta un 20% y mejorar en un 20% la eficacia energética. En este contexto, el empleo energías renovables y el establecimiento de unos requisitos mínimos de eficiencia energética son herramientas esenciales reducir el consumo energético de los edificios. Esta investigación explora los factores que influyen en la implantación de tecnologías de energías renovables y medidas de eficiencia energética en edificios universitarios existentes. Se ha diseñado una investigación cualitativa con entrevistas semi-estructuradas a técnicos y/o jefes de servicio que trabajan en las unidades de gestión de infraestructuras de los edificios o campus universitarios en Universidades de España y Portugal. El grado de implantación de tecnologías de energías renovables en este tipo de edificios es reducida. Se han encontrado factores de tipo financiero, tecnológicos, reguladores, de aceptación social, arquitectónicos y urbanísticos. No se ha encontrado un único factor que condicione la implantación de estas tecnologías, aunque el más relevante está relacionado con restricciones económicas.

Palabras clave: *Tecnologías de energías renovables; eficiencia energética; edificios universitarios; Horizonte 2020*

Correspondencia: Joaquín Fuentes del Burgo. joaquin.fuentes@uclm.es



©2018 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

La energía es un elemento clave necesario para el funcionamiento de los edificios, el transporte, la industria y el mundo de la construcción. En la actualidad los combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón) son los más importantes y su empleo está asociado con el incremento de la concentración de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera (Zhang, Shen & Chan 2012; Eleftheriadis & Anagnostopoulou 2015).

Con el objetivo de reducir las amenazas asociadas al uso de estos combustibles como el aumento de los gases de efecto invernadero, el riesgo de un cambio climático, la reducción de las fuentes de energía de combustible fósil o la incertidumbre sobre la seguridad del suministro de energía, se están diseñando políticas en todo el mundo (Sharpe & Proven 2010; Blunden & Arndt 2013). En la Unión Europea (UE) en particular, aparecen otros problemas adicionales como son la dependencia de importaciones de energía de terceros países y la superación de la crisis económica (European Parliament 2012).

En el documento Europa 2020 (European Commission 2010), la Comisión Europea propuso alcanzar el objetivo «20/20/20» en materia de clima y energía. Entre los objetivos se planteaban, con referencia a los niveles de 1990, incrementar hasta un 20% el empleo de las fuentes de energía renovables en el consumo final de energía, aumentar en un 20% la eficiencia energética y reducir en otro 20% las emisiones de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero. Estos objetivos se recogen en las directivas 2010/31/EU relativa a la eficiencia energética de los edificios y la 2012/27/EU de eficiencia energética (European Parliament 2010, 2012). En base a lo anterior, se puede afirmar que existe una creciente preocupación y concienciación sobre la necesidad de utilizar estrategias, medidas y soluciones constructivas sostenibles en edificaciones nuevas y en la rehabilitación de las existentes (Almeida et al. 2014).

El sector de la edificación tiene una gran incidencia en las emisiones de CO₂ a la atmósfera, debidas fundamentalmente a su elevado consumo energético (Clarke et al. 2008; García, Cuadros & López 2012; Astasio et al. 2016). Se estima que la edificación mundial consume alrededor del 32% de la energía global (IPCC 2014; AbdelAzim, Ibrahim & Aboul-Zahab 2017), siendo un valor similar al consumo en algunos países desarrollados (European Parliament 2012; Ruparathna, Hewage & Sadiq 2016; Shen & Lior 2016).

En el parque edificatorio de los países, los edificios nuevos y energéticamente eficientes representan un pequeño porcentaje frente al gran stock de edificios construidos o históricos. Aumentar su eficiencia energética podría reducir las emisiones globales de CO₂, mejorar el desarrollo sostenible y activar la economía en el sector de la construcción (Harvey 2006; Clarke et al. 2008; Aksamija 2016; Gangolells et al. 2016; Webb 2017).

A pesar de los beneficios medioambientales y económicos derivados de la modernización y rehabilitación de los edificios, una serie de factores que amenazan dichas actuaciones (Woo y Menassa 2014). Así, el propio Parlamento Europeo (2010) señala que se han de reducir las barreras legales y de mercado, animando a invertir en acciones que incrementen la eficiencia energética de edificios nuevos y existentes.

Esta investigación realiza un estudio exploratorio de los factores que afectan a la implantación de tecnologías de energías renovables (TER's) y de medidas de eficiencia energética en edificios universitarios existentes. Para ello se han realizado entrevistas semi-estructuradas a directores y técnicos que trabajan en las oficinas de mantenimiento de las infraestructuras de universidades de España y Portugal. Se enumerarán y clasificarán los factores y medidas que se encuentren sin tratar de establecer ningún tipo de comparativa entre universidades.

La estructura de la ponencia continúa con la revisión bibliográfica de los factores que se recogen en la literatura, se describe la metodología cualitativa empleada para continuar con el análisis y discusión de los resultados. Finaliza con las conclusiones.

2. Revisión de los factores relacionados con la implantación de TER's y de medidas de eficiencia energética

En la literatura existen diversas clasificaciones de los factores que influyen en el desarrollo e instalación de las tecnologías de energías renovables (TER's). Algunas clasificaciones tratan de abarcar todo tipo de TER, otras están centradas en algún tipo de energía y/o tecnología (solar, eólica, fotovoltaica o térmica) o se centran en un país o región determinada (Beck & Martinot 2004; Sidiras & Koukios 2004, Klessmann et al. 2011; Huang, Lo & Lin 2013; Moula et al. 2013; Eleftheriadis & Anagnostopoulou 2015; Nasirov, Silva & Agostini 2015).

La cantidad de factores y su clasificación varía de unos autores a otros. Así, Beck y Martinot (2004) clasifican en factores económicos, regulatorios, desventajas institucionales, falta de destrezas y de información, y prejuicios tecnológicos. En la exhaustiva enumeración de Klessmann et al. (2011), se englobarían en factores económicos y de mercado, legales y administrativos, relacionados con las redes, falta de mano de obra cualificada, barreras de información y de aceptación. Sidiras y Koukios (2004) encontraron que las principales barreras para las instalaciones solares térmicas eran el coste, la dificultad de instalación, la falta de incentivos para el ahorro de energía, la corta vida del producto, la baja calidad de los materiales y la estética.

Independientemente del número de factores encontrados y su posterior clasificación, se puede afirmar el carácter multidimensional de los factores que condicionan el uso de las TER's (Huang, Lo & Lin 2013). Si se van a aplicar estas tecnologías a edificación, aparecen nuevos condicionantes que a su vez tienen distinto peso y tratamiento en función de que se trate de edificación nueva o existente, así como del uso del edificio, dado que el consumo es distinto si es destinado a uso residencial o para el sector terciario (Pérez, Ortiz & Pout 2008).

Entre las barreras económicas destaca el elevado coste de las TER's (Margolis & Zuboy 2006; Ogunleye & Awogbemi 2010; Byrnes et al. 2013), particularmente en los sistemas montados en edificación (Sharpe & Proven, 2010).

A nivel financiero también existen factores restrictivos como son la necesidad de una elevada financiación inicial, menor cantidad de recursos financieros, la falta de una financiación adecuada, altos costos de financiación, una mayor percepción del riesgo de crédito y largos periodos de recuperación (*long payback period*) (Cooke et al. 2007; Zhang, Shen & Chan 2012; Beck & Martinot 2013, Nasirov, Silva & Agostini 2015, Ashrafian et al. 2016; Di Giuseppe et al. 2017), hacen que tanto las TER's como la mejora de la eficiencia energética en edificios existentes no sean competitivas (Owen 2006; Ashrafian et al. 2016).

Asímismo se han documentado barreras relacionadas con la conexión a redes, fundamentalmente de energía eléctrica, donde es difícil obtener el acceso a la red por diversos factores como son no estar abiertas a energías renovables, falta de transparencia en los procedimientos, tiempos muy largos para obtener el permiso o la falta de capacidad de la red (Klessmann et al. 2011). Relacionado con lo anterior, en un informe realizado por la Comisión Europea (European Commission 2015) se señala que los productores de energías renovables en los distintos estados miembros tienen problemas con los procedimientos reguladores.

La aceptación social es un factor muy importante que influye ampliamente en el uso de las TER's. En esta aceptación se incluyen múltiples factores que pueden ser personales, psicológicos y/o contextuales. Además, la utilidad percibida, la intención de uso, las condiciones de instalación, el coste, la confianza, el lugar y la posición de las personas en

relación con la energía renovable empleada juegan un papel importante (Moula et al., 2013). A modo de ejemplo, Eleftheriadis y Anagnostopoulou (2015) encontraron que no todas las TER's son tratadas por igual, al existir más oposición local al desarrollo de proyectos de energía eólica frente a los de energía solar.

Las barreras de aceptación social también se han explicado por las actitudes del tipo “no en mi patio trasero” (*Not in my back yard - nimby*), que pueden estar determinadas por sentimientos de equidad y justicia más que por egoísmo o ignorancia (Evans, Parks, & Theobald 2011).

En el establecimiento de medidas de eficiencia energética se han identificado múltiples factores que pueden actuar de forma multidimensional como son la falta de información sobre los patrones de consumo de energía y sobre las medidas de eficiencia energética, la falta de tiempo del personal, el establecimiento de prioridades dentro de las organizaciones, concienciación e información, la costumbre y el hábito, el riesgo y la incertidumbre, distorsiones de precios, restricciones de capital y el dilema inversor/propietario, entre otras (Granade et al. 2009; Schleich 2009).

3. Metodología

Para la confección de la muestra se ha enviado un correo electrónico a los directores de las unidades de servicio encargadas de las infraestructuras y edificios de las universidades. En él se les explicaba el objetivo de la investigación y se solicitaba su colaboración junto a la de los técnicos de las unidades que estuvieran interesados en participar. Se envió el correo a un total de 10 universidades de las que solo contestaron 6.

El nombre de las unidades encargadas de la infraestructura y el mantenimiento de los edificios cambia de una universidad a otra, así como su estructura, organigrama y funciones.

En España han colaborado seis personas de la Universidad de Castilla-La Mancha, una de la Universidad Politécnica de Madrid, una de la Universidad de Valencia, una de la Universidad Jaime I de Castellón y dos de la Universidad de Zaragoza. En Portugal, una persona de la Universidad de Oporto. Así, la muestra está formada por 12 participantes, tamaño suficiente para la investigación cualitativa realizada. Guest, Bunce y Johnson (2006, p. 79) afirman que “para la mayoría de los proyectos de investigación,..., con el objetivo de comprender percepciones y experiencias comunes entre un grupo de individuos relativamente homogéneos, 12 entrevistas deberían bastar”.

Entre los participantes, dos son directores de las unidades técnicas, uno es director ejecutivo, tres son directores técnicos y seis son técnicos. En cuanto a sus titulaciones hay tres ingenieros industriales, un licenciado en ingeniería, un arquitecto, un licenciado en ciencias políticas, un ingeniero técnico industrial, un ingeniero de edificación y cuatro arquitectos técnicos. Respecto a la antigüedad en el puesto de trabajo, hay dos con menos de 5 años, uno entre 5 y 10 años, uno entre 11 y 15 años, dos entre 16 y 20 años, cuatro entre 26 y 30 años y dos de más de 31 años.

Las entrevistas se realizaron en las oficinas de los técnicos o en salas de reunión de las unidades técnicas. Cuatro se realizaron en Ciudad Real; dos en Zaragoza, y una en Cuenca, Toledo, Madrid, Valencia, Castellón y Oporto. La duración media de las entrevistas es de 32 minutos. Al inicio de la entrevista, se informó a los participantes de que todos los nombres de personas, lugares, entidades y empresas serían modificados para proteger su anonimato. Las transcripciones de los participantes se identifican con un número.

Dado el enfoque cualitativo de esta investigación, no se pretende alcanzar una alta generalización de los resultados, pero sí tratar de comprender los aspectos investigados desde las perspectivas, el conocimiento y las experiencias profesionales de los

entrevistados (Pratt 2009). Se les preguntó su opinión sobre la Estrategia Energía 2020 de la UE y sobre los factores que intervienen en la implantación e integración de tecnologías de energías renovables (TER's) en edificios universitarios existentes. Seguidamente se preguntó si existían barreras financieras, tecnológicas, reguladoras o administrativas, de aceptación social o arquitectónicas que afectaran a la instalación de las TER's en edificios universitarios existentes. Finalmente, se les preguntó sobre las medidas que recomendarían para mejorar la eficiencia energética en los sistemas de climatización e iluminación.

Las entrevistas se grabaron para transcribirlas posteriormente en un documento escrito. Para el análisis de las respuestas se utilizó el programa ATLAS.ti 8.1, que facilitó la codificación de cada entrevista y la selección de las citas más representativas. Se realizó una interpretación cuidadosa de los datos que permitió interpretar los fenómenos en los términos de los significados que los entrevistados les otorgan (Denzin & Lincoln 2012; Raiden, Dainty & Neale 2008). Las relaciones entre los datos y las categorías se han establecido por medio de un análisis comparativo, con el objetivo de describir los fenómenos estudiados (Charmaz 2006).

4. Resultados y discusión

4.1. Opinión sobre la Estrategia Energía 2020

Todos los participantes conocen los objetivos de reducción de las emisiones totales de gases de efecto invernadero en un 20%, y la necesidad de alcanzar el objetivo del 20% de consumo de energías renovables en 2020. Son conscientes de la necesidad de reducir el consumo energético y las emisiones de gases contaminantes. Aun con ello, expresan opiniones excépticas en cuanto a su consecución, considerándolos como “demasiado ambiciosos” (Nº 1 y 8), “una utopía” (Nº 3), “difícil de conseguir” (Nº 5) o “insuficiente” (Nº 9).

Respecto al porcentaje común marcado en toda la UE, algunos participantes señalan las diferencias entre países y su influencia en la consecución de los objetivos planteados: “ese es uno de los problemas, que se trata de unificar y nosotros no podemos tener las mismas peculiaridades que tienen Noruega o Alemania” (Nº 4). Señalan factores como el clima, las infraestructuras existentes y/o la situación económica, por cuanto a que tanto en España como en Portugal la crisis económica ha afectado negativamente: “salimos de una crisis grande con mucho sacrificio de la población. Todo al mismo tiempo es difícil” (Nº 8).

Desde un primer momento se identifican dos factores que condicionan la aplicación de la Estrategia Energía 2020: la política y la economía. Algunos reconocen como un factor esencial la existencia de una política nacional clara sobre este asunto, con un presupuesto asignado y adecuado: “para estas cuestiones hace falta voluntad política y presupuesto porque un punto de reducción en las emisiones supone una inversión de X miles de millones” (Nº 5).

4.2. Factores que intervienen en la implantación de TER's en edificios universitarios existentes

Todos los participantes afirman que la economía es un factor fundamental que condiciona la instalación de las TER's en edificios universitarios. Algunos identifican variables relacionadas como la cuantía de la inversión necesaria, la crisis económica, la crisis inversora, los elevados plazos de amortización o, sencillamente, la falta de recursos económicos.

Relacionado con el anterior, también se espera un rápido retorno de la inversión realizada, siendo difícil en las TER's donde el común denominador es su bajo rendimiento en comparación con los sistemas convencionales: “la inmediatez de las necesidades de

rentabilizar las operaciones realmente hace bastante difícil las inversiones en las energías alternativas” (Nº 11).

Otro factor que condiciona la implantación de TER's es la antigüedad de los edificios. Los edificios de menos de 20 años son considerados “nuevos” y no se plantea ningún tipo de actuación. Cuando los edificios tienen mucha antigüedad pueden estar catalogados y ser muy difícil integrar determinados tipos de TER's (solar térmica, fotovoltaica o mini-eólica) por su impacto en las cubiertas o fachadas. En estos últimos también aparece el alto coste económico de dicha actuación.

Además, la escasez de recursos económicos implica que en edificios no muy antiguos, las necesidades de conservación se antepongan a la instalación de las TER's: “Si necesitamos priorizar inversiones en edificios que tienen serios problemas ..., ya no tienes dinero para lo demás” (Nº 10).

El entorno en el que se encuentra el campus y/o el tipo de campus también son factores influyentes. Hay localizaciones geográficas y/o urbanas que no tienen acceso a la fuente de energía (p.e.: falta de viento o sombras cercanas). También la relación del campus y/o sus edificios con la ciudad. Empleando la tipología propuesta por Cunha (2000), no es la misma situación cuando el campus está en un área urbana consolidada, en área urbana no consolidada, en el exterior de la ciudad o cuando son edificios aislados dentro de la ciudad.

La falta de información se considera un factor que puede condicionar la elección de una tecnología o influir negativamente en el proceso de toma de decisiones: “de que tengamos toda la información, de manejar todos los parámetros, de qué es lo que queremos implantar, cómo lo queremos implantar y que estemos convencidos de que eso es lo que queremos implantar” (Nº 4).

Otro factor determinante es la política que en temas de medioambiente y eficiencia energética pueda tener el equipo de gobierno de la Universidad. Todos los participantes reconocen que en dicho equipo existe alguna comisión dependiente de un vicerrectorado que se encarga de aspectos medioambientales y/o de sostenibilidad. En particular, algunos reconocen que sus universidades participan activamente en la Comisión Sectorial CRUE-Sostenibilidad.

A pesar de lo anterior, varios entrevistados son consultados por su Universidad, sienten que no tienen en cuenta sus opiniones en la toma de decisiones sobre aspectos relacionados con las TER's y la eficiencia energética: “Nos pueden consultar y puedes decir tu opinión pero la decisión la acaba tomando un vicerrector” (Nº 5).

4.3. Barreras a la implantación de TER's en edificios universitarios existentes

Ante preguntas concretas sobre barreras a la instalación de las TER's, focalizaron la respuestas con mayor concreción. Algunas de estas barreras las asocian también a la implantación de medidas de eficiencia energética.

4.3.1. Barreras económico-financieras

Una es el alto coste de las TER's y de algunas medidas de eficiencia energética. A su vez, este coste elevado hace que los plazos de amortización se dilaten en el tiempo ya que siempre los comparaban con el rendimiento de las tecnologías convencionales basadas en los combustibles fósiles. AbdelAzim, Ibrahim y Aboul-Zahab (2017) señalan que tanto el costo como el resultado negativo del análisis costo-beneficio y del retorno de la inversión pueden hacer impracticables las mejoras del rendimiento energético de los edificios.

Otra barrera es la elevada inversión en los proyectos de las TER's. Además, como identificaron Sharpe y Proven (2010), hay que añadir el costo del mantenimiento que puede

requerir contratar a personal para estos servicios, convirtiéndose en otro obstáculo adicional: “hay que prever personal de mantenimiento especializado y no lo puede hacer una persona cualquiera” (Nº 2).

Cuando la actuación supone mejorar las envolventes de edificios antiguos con poco nivel de aislamiento, los plazos de retorno de la inversión son muy elevados: “transformar los edificios existentes, eso sí que cuesta más dinero y el retorno de la inversión, sobre todo estamos hablando de envolventes, podemos estar hablando del orden de 30 ó 40 años. Ya me dirás qué país se puede permitir inversiones a 30 ó 40 años” (Nº 11).

La principal impedimento es la falta de presupuesto en las universidades para este tipo de medidas que, como afirma el participante Nº 5, “es una barrera que puede ser insalvable”. Al ser universidades públicas, son los gobiernos autonómicos los que determinan su presupuesto anual. En la asignación presupuestaria no se contempla ninguna partida para la implantación de las TER's o de medidas de eficiencia energética: “el “gobierno autonómico” considera que con el presupuesto que nos da para el funcionamiento de la Universidad ya está metido todo” (Nº 2). Si las Universidades quieren ejecutar proyectos de TER's o de eficiencia energética se ven obligadas a recortar gastos de otras partidas: “a través del equipo de gobierno, hemos disminuido el gasto en otros sitios para afrontar los gastos de cambio de ventanas” (Nº 7).

4.3.2. Barreras tecnológicas y de conexión a redes

Casi todos los participantes opinan que con el desarrollo actual, la tecnología no puede considerarse una barrera para la aplicación de TER's en edificios existentes. Afirman que existen barreras en la conexión a nuevas instalaciones fotovoltaicas con las redes de distribución eléctrica. Las barreras suelen estar asociadas a los trámites burocráticos que imponen las compañías eléctricas así como con los requisitos técnicos requeridos para permitir la conexión que, sin ser insalvables, suponen un incremento en el coste del proyecto: “es caro porque te solicitan una serie de apartada muy específica que vale cara” (Nº 1).

Algunos afirman que estos problemas se deben a que las compañías eléctricas tratan de limitar la competencia de pequeños productores de energía: “creo que incluso a las eléctricas no les interesa que esto progrese tanto” (Nº 2). Debido a lo anterior y tras experiencias negativas, algún participante recomendaba encarecidamente el autoconsumo en el caso de las instalaciones fotovoltaicas.

Otra barrera está relacionada con la demanda de energía de los edificios. Por un lado, la demanda eléctrica es muy elevada lo que exige mucha superficie para instalar las plantas fotovoltaicas. Por otro lado, un porcentaje importante del consumo eléctrico diario se produce en horas nocturnas. Esto obliga a instalar sistemas de almacenamiento de energía que, hoy por hoy, requieren mucho espacio y encarecen considerablemente la instalación. Finalmente, en el caso de las instalaciones solares térmicas, se ha constatado que montar equipos de producción de agua caliente sanitaria en edificios con poco consumo, genera graves problemas que han llevado a condenar los equipos. Además, en las instalaciones destinadas a polideportivos, calentamiento de agua de piscinas, etc., se han tenido que aplicar sistemas que oculten los captadores solares durante las vacaciones.

4.3.3. Barreras reguladoras y administrativas

En base a experiencias previas, una parte de los entrevistados identifica la burocracia y los excesivos trámites administrativos como un obstáculo para realizar estos proyectos, aunque varios consideran que no resulta insalvable.

A pesar de lo anterior, la burocracia asociada depende del país y de la política energética aplicada en el mismo. El participante de Portugal no considera que en la actualidad existan barreras administrativas o reguladoras a la instalación de las TER's. En España, algún participante cita proyectos de TER's realizados aprovechando las facilidades y ayudas establecidas en el Plan de Fomento de las Energías Renovables de la primera década del dos mil y la legislación aprobada para conseguirlo (Espejo 2004).

En España, los participantes reconocen que la elevada cantidad de legislación que han de contemplar para los proyectos de TER's tanto a nivel nacional, autonómico, local como la propia de las compañías distribuidoras, resulta problemática.

En el informe realizado por Coenraads et al. (2008), España es el país en el que más instituciones intervienen en la legalización de plantas de energía renovable eléctrica, con un total de veinticuatro, entre los que se incluyen autoridades locales, gobiernos regionales y ministerios del gobierno de la nación, mientras que en Portugal aparecen solamente dos.

Además de lo anterior, se cita como factor negativo la complejidad en la interpretación de la legislación y la rigidez que puede llevar implícita para su cumplimiento. Esto puede afectar o incluso frenar la introducción de medidas de eficiencia energética como pueden ser los contratos con Empresas de Servicios Energéticos (ESE's). Como reconoce el participante N° 11: “Los problemas que conlleva la rigidez normativa de Ley de Contratos del Estado, incluso de la nueva Ley de Contratos del Estado. Es muy difícil contratar a una empresa de servicios, a una ESE, para realizar esas operaciones, que son las inversiones necesarias para hacer la transformación de edificios actuales en edificios sostenibles”.

Con independencia del país, una barrera legislativa insalvable para la implantación de determinados tipos de energías renovables (fotovoltaica, solar térmica, mini-eólica) se presenta cuando el edificio, por su antigüedad, esté catalogado como patrimonio histórico. Adicionalmente informan del alto coste que conlleva cualquier tipo de actuación sobre estos edificios.

A pesar de lo anterior, varios participantes no ven en la Ley de Patrimonio Histórico (Boletín Oficial del Estado [BOE] 2017) una barrera como tal. Consideran más importante la conservación de esos edificios y destinar la inversión a otros libres de dichas limitaciones, que permitan recuperar antes la inversión.

4.3.4. Barreras de aceptación social

Casi toda la muestra afirma que no existen barreras de aceptación social a la implantación de TER's en edificios universitarios. Al contrario, consideran que debido al ambiente universitario, las personas están muy sensibilizadas y comprometidas con temas medioambientales. Se podría afirmar que no existe el factor *nimby*.

Algunos también han notado el cambio de opinión en los miembros de equipos de gobierno de su universidad cuando han comprobado el retorno de las inversiones que han realizado en las TER's y en medidas de eficiencia energética.

Para evitar el riesgo del rechazo social puede resultar fundamental que en el proyecto de instalación de las TER's se tenga en cuenta el problema de la integración y que el resultado no dañe la estética de los edificios. Como afirma el participante N° 5: “ahí está la habilidad del proyectista para que eso no tenga rechazo social. Si vas a hacer una castaña pilonga pues, efectivamente, puede tener rechazo”.

Varios técnicos creen que la posible barrera de aceptación social surge por efectos secundarios que puedan producir las TER. Señalan el aumento de los impuestos para implantar estas tecnologías, el olor a madera quemada en los campus en el caso de utilizar calderas de biomasa o el ruido producido por los mini generadores eólicos.

4.3.5. Barreras arquitectónicas

En las respuestas aparecen una serie de factores que se han clasificado como barreras arquitectónicas. Algunos de esos factores impiden la instalación de las TER's o de medidas de eficiencia energética mientras que otros suponen un incremento del costo de ejecución, transformando el factor arquitectónico en una barrera económica.

Se repite como factor la antigüedad de los edificios. Además, esta antigüedad se asocia a que los criterios seguidos durante el diseño y la construcción de las edificaciones no tenían en cuenta los requerimientos de ahorro energético exigidos en la actualidad. Tampoco se consideraban las necesidades de espacio y orientación que requieren algunas TER's, lo que dificulta o imposibilita su aplicación. La falta de espacio también condiciona la mejora de la eficiencia energética cuando se han de cambiar calderas o equipos de climatización.

“Las instalaciones cada día son más complicadas, requieren más espacio, y son más restrictivas en cuanto a las normativas que tienen. Y eso implementarlo en edificios en los que por su edad, los espacios que se destinaban a estas instalaciones eran reducidos y mínimos, incluso en algunos sitios nulos” (Nº 4).

Numerosos participantes identifican las cubiertas como posibles lugares donde poder realizar la instalación de las TER's (fotovoltaica, térmica y/o mini-eólica) y señalan ciertas restricciones como son el tipo de cubierta del edificio (p.e.: cubiertas inclinadas sin la inclinación y/o orientación adecuada), los materiales empleados en la ejecución de la cubierta (“tenemos el edificio X ..., con cubierta de fibrocemento” (Nº 5)) o la existencia de otras instalaciones que ocupan el espacio disponible. Este último factor ya lo encontró Papamanolis (2016) en su investigación sobre aplicaciones solares en edificios en Grecia.

“En los edificios tenemos muchas instalaciones de extracción, de climatización y demás en la cubierta, cubriendo gran parte de la superficie. O sea, cubrirlo con la energía fotovoltaica tal y como está sería poco menos que imposible.” (Nº 3)

El tamaño y volumen de los espacios existentes en los edificios afecta mucho a posibles actuaciones de eficiencia energética en climatización, pues como dice el participante Nº 7: “son edificios muy altos, son edificios con unos pasillos inmensos con lo que habilitar esos edificios es muy difícil”.

4.4. Medidas de eficiencia energética en edificios universitarios existentes

En estos apartados se resumen las medidas que los participantes recomiendan implantar en instalaciones de climatización e iluminación debido a experiencias realizadas en sus universidades o por su conocimiento y/o formación.

La mayoría reconocen que hay poca concienciación sobre el consumo energético. Por ello recomiendan las campañas de información y concienciación de los usuarios de los edificios universitarios como principal medida para la mejora de la eficiencia energética.

4.4.1. Medidas en instalaciones de climatización

Las medidas más inmediatas propuestas son la sustitución de equipos generadores de calor/frío siguiendo como criterios el tipo de combustible utilizado y su antigüedad. Así, proponen cambiar todas las calderas de calefacción de gasóleo por calderas de gas y la sustitución de equipos que tengan más de 20 años de vida. En ambos casos se mejora la eficiencia energética de las instalaciones y se reducen las emisiones de CO₂.

En los equipos de ventilación y/o climatización, sugieren montar recuperadores de calor en todas las instalaciones que lo permitan, priorizando aquellos edificios donde la tasa de renovación de aire sea muy elevada como pueden ser los edificios de investigación.

A pesar de reconocer que el coste de la actuación es muy elevado, algunos proponen tratar las envolventes de los edificios con el fin de disminuir la demanda de energía en climatización. Esto se debe al gasto elevado de las universidades para este fin, como afirma el participante N° 3: “Primero la envolvente..., el principal gasto de energía en estos edificios es la climatización. Es brutal”.

Algunas acciones son la instalación de toldos o parasoles en las ventanas con gran soleamiento, la sustitución de las carpinterías y vidrios en edificios antiguos y la mejora del aislamiento de algunos cerramientos. Como afirma el participante N° 4: “En XXXX hay tres edificios que tienen mucho consumo ..., tienen unas envolventes muy expuestas y envolventes de hace 25 años, en las que prácticamente tienes un perfil de acero del exterior al interior”.

Una medida fundamental que recomiendan es invertir en sistemas de control y gestión de las instalaciones, tanto a nivel de generación de calor/frío como en el de funcionamiento de la climatización y la iluminación a nivel de espacio (aula, despacho, etc.), proponiendo llegar a tecnologías asociadas a las Smart Cities (Benedito et al. 2013). Los participantes que pertenecen a universidades que han ido implantando este tipo de medidas sostienen que les genera más ahorro energético que la implantación de TER's.

La medida anterior requiere una apuesta importante de la Universidad ya que, además de las infraestructuras de comunicaciones y sistemas de gestión, se necesitan equipos de personas que, trabajando en las unidades de gestión de la infraestructura, se centren en las labores de gestión, control y mantenimiento de las instalaciones.

Una de las medidas que se aplican en algunas Universidades de ambos países es el cierre de todos los edificios durante el mes de agosto. Aseguran que el ahorro producido es muy elevado.

4.4.2. Medidas en instalaciones de iluminación

En todos los casos la acción fundamental es la sustitución de todo tipo de lámparas por lámparas led. Se aplican estrategias de cambio de luminarias en las labores de mantenimiento o por antigüedad de los equipos existentes. La sustitución se hace de forma paulatina debido al alto coste de las luminarias con led y al elevado plazo de amortización, como afirma el participante N° 12: “Hemos hecho estudios de sustitución de aulas por alumbrado led y el coste de amortización se nos va a 15 ó 17 años”. Cuando las luminarias son fluorescentes y no tienen muchos años, otra actuación propuesta es el cambio de balastos convencionales por balastos electrónicos.

La gran mayoría propone utilizar sistemas de gestión y control del alumbrado utilizando sensores de detección de presencia, sensores de luminosidad o interruptores temporizados, según sea el caso, en todas las dependencias de los edificios.

En algunas universidades se han implantado estrategias del control del alumbrado en base a una gestión de la ocupación de los espacios. También se realiza la desconexión de los interruptores automáticos de los circuitos de fuerza y alumbrado prescindibles en el horario de cierre de los edificios por los conserjes.

5. Conclusiones

Existe interés por reducir el consumo energético en los edificios universitarios empleando medidas de eficiencia energética e instalando tecnologías de energías renovables. Todos los técnicos entrevistados han confirmado conocer los objetivos de la Estrategia Energía 2020 aunque dudan de la posibilidad de alcanzarlos con la situación económica actual.

Existen barreras para establecer las TER's y las medidas de eficiencia energética en los edificios existentes. Las barreras más importantes son las económico-financieras debido fundamentalmente a su alto coste, el elevado plazo de amortización y a la inexistencia de partidas presupuestarias dedicadas a este fin.

También existen barreras tecnológicas y de conexión a redes, barreras reguladoras y administrativas, así como barreras arquitectónicas. Las barreras pueden actuar de forma individual o conjunta, llegando a ser insalvables en algunos casos. No existen barreras de aceptación social importantes, descartando por tanto el fenómeno *nimby*.

Las medidas de eficiencia energética en instalaciones de climatización e iluminación pueden producir importantes ahorros en el consumo energético. Las medidas de mayor impacto son la implantación sistemas de gestión y control de estas instalaciones, el cambio de las máquinas de producción de frío/calor antiguas y el cambio de luminarias por equipos dotados con tecnología led.

6. Referencias

- AbdelAzim, A. I., Ibrahim, A. M. & Aboul-Zahab, E. M. (2017). Development of an energy efficiency rating system for existing buildings using Analytic Hierarchy Process – The case of Egypt. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 71, 414–425.
- Aksamija, A. (2016). Regenerative design and adaptive reuse of existing commercial buildings for net-zero energy use. *Sustainable Cities and Society*, 27, 185–195.
- Almeida, R. M. S. F., Ramos, N. M. M., Simões, M. L. & de Freitas, V. P. (2015). Energy and water consumption variability in school buildings: Review and Application of Clustering Techniques. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 29, 1-11.
- Ashrafian, T., Zerrin Yilmaz, A. Z., Corgnati, S. P. & Moazzen, N. (2016). Methodology to define cost-optimal level of architectural measures for energy efficient retrofits of existing detached residential buildings in Turkey. *Energy and Buildings*, 120, 58–77.
- Astiaso Garcia, D., Cumo, F., Tiberi, M., Sforzini, V. & Piras, G. (2016). Cost-Benefit Analysis for Energy Management in Public Buildings: Four Italian Case Studies. *Energies*, 9, 1-17.
- Beck, F. & Martinot, E. (2004). Renewable energy policies and barriers. *Encyclopedia of energy*, 5, 365-383, Elsevier.
- Benedito-Bordonau, M., Gargallo, D., Avariento, J., Sanchís, A., Gould, M. & Huerta, J. (2013). UJI Smart Campus. Un ejemplo de integración de recursos en la Universitat Jaume I de Castelló. En *IV Jornadas Ibéricas de Infraestructuras de Datos Espaciales*.
- Blunden, J. & Arndt, D. S. (2013). State of the Climate in 2012. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 94, S1–S238.
- Boletín Oficial del Estado (BOE) (2017). *Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español. Texto Consolidado*, 28 de junio de 2017. Pp. 1-31.
- Byrnes, L., Brown, C., Foster, J. & Wagner L. D. (2013). Australian renewable energy policy: Barriers and challenges. *Renewable Energy*, 60, 711-721.
- Charmaz, K. (2006). *Constructing Grounded Theory. A practical guide through qualitative analysis*. London: SAGE.
- Clarke, J. A., Johnstone, C., Kelly, N., Strachan, P. & Tuohy, P. G. (2008) The role of built environment energy efficiency in a sustainable UK energy economy. *Energy Policy*, 36, 4605-4609.
- Coenraads, R., Reece, G., Voogt, M., Ragwitz, M., Held, A., Resch, G., Faber, T., Haas, R., Konstantinaviciute, I., Krivošik, J. & Chadim, T. (2008). *PROGRESS: promotion and growth of renewable energy sources and systems. Final report*.
- Cooke, R., Cripps, A., Irwin, A. & Kolokotroni, M. (2007). Alternative energy technologies in buildings: Stakeholder perceptions. *Renewable Energy*, 32, 2320–2333.

- Cunha Maos, M. (2000). Universidades, ciudades y territorio. El caso portugués. En Bellet, C. y Ganau, J. (Ed.) *Ciudad y Universidad. Ciudades universitarias y campus urbanos, VIII Semana de Estudios Urbanos* (161-180). Lleida: Milenio.
- Denzin, N. K. & Lincoln, Y. S. (2012). *Manual de investigación cualitativa (Vol. 1). El campo de la investigación cualitativa*. Barcelona: Gedisa.
- Di Giuseppe, E., Iannaccone, M., Telloni, M., D'Orazio, M. & Di Perna, C. (2017). Probabilistic life cycle costing of existing buildings retrofit interventions towards nZE target: Methodology and application example. *Energy and Buildings*, 144, 416-432.
- Eleftheriadis, I. M. & Anagnostopoulou, E. G. (2015). Identifying barriers in the diffusion of renewable energy sources. *Energy Policy*, 80, 153–164.
- Espejo Marín, (2004). La energía solar fotovoltaica en España. *NIMBUS*, Nº 13-14, 5-31.
- European Commission (2010). *Communication from the Commission Europe 2020. A strategy for smart, sustainable and inclusive growth*. Brussels.
- European Commission (2015). *Report from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Renewable energy progress report*. Brussels, 15.6.2015.
- European Parliament (2010). Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast). *Official Journal of the European Union*, 153, 13-35.
- European Parliament (2012). Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC. *Official Journal of the European Union*, 315, 1-56.
- Evans, B., Parks, J. & Theobald, K. (2011). Urban wind power and the private sector: community benefits, social acceptance and public engagement. *Journal of Environmental Planning and Management*, 54, 227-244.
- Gangoles, M., Casals, M., Forcada, N., Macarulla, M. & Cuerva, E. (2016). Energy mapping of existing building stock in Spain. *Journal of Cleaner Production*, 112, 3895-3904.
- García Sanz Calcedo, J., Cuadros-Blázquez, F. & López-Rodríguez, F. (2012). Análisis de la eficiencia de un edificio administrativo de alta calificación energética. *Dyna. Energía y Sostenibilidad*, 9, 1-14.
- Granade, H. C., Creyts, J., Dekach, A., Farese, P., Nyquist, S. & Ostrowski, K. (2009). *McKinsey Global Energy and Materials. Unlocking energy efficiency in the U.S. Economy*. McKinsey&Company. En http://www.greenbuildinglawblog.com/uploads/file/mckinseyUS_energy_efficiency_full_report.pdf
- Guest, G., Bunce, A. & Johnson, L. (2006). How many interviews are enough? An experiment with data saturation and variability. *Field Methods*, 18, 59-82.
- Harvey, D. (2006). *A handbook on low-energy buildings and district-energy systems. Fundamentals, techniques and examples*. London: Routledge.
- Huang, S., Lo, S. & Lin, Y. (2013). To Re-Explore the Causality between Barriers to Renewable Energy Development: A Case Study of Wind Energy. *Energies*, 6, 4465-4488.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2014). *Climate Change 2014. Mitigation of Climate Change. Summary for Policymakers Technical Summary*. Consultado el 21 de Julio de 2017 en https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/WGIIIAR5_SPM_TS_Volume.pdf
- Klessmann, C., Held, A., Rathmann, M. & Ragwitz, M. (2011). Status and perspectives of renewable energy policy and deployment in the European Union—What is needed to reach the 2020 targets? *Energy Policy*, 39, 7637–7657.
- Margolis, R. & Zuboy, J. (2006). Nontechnical Barriers to Solar Energy Use: Review of Recent Literature. *National Renewable Energy Laboratory. Technical Report, NREL/TP-520-40116*, 1-26.

- Moula, M. E., Maula, J., Hamdy, M., Fang, T., Jung, N. & Lahdelma, R. (2013). Researching social acceptability of renewable energy technologies in Finland. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 2, 89–98.
- Nasirov, S., Silva, C. & Agostini, C.A. (2015). Investors' Perspectives on Barriers to the Deployment of Renewable Energy Sources in Chile. *Energies*, 8, 3794-3814.
- Ogunleye, I. O & Awogbemi, O. (2010). Constraints to the use of solar photovoltaic as a sustainable power source in Nigeria. *American Journal of Scientific and Industrial Research*, 2, 11-16.
- Owen, A. D. (2006). Renewable energy: Externality costs as market barriers. *Energy Policy*, 34, 632–642.
- Papamanolis, N. (2016) An overview of solar energy applications in buildings in Greece. *International Journal of Sustainable Energy*, 35, 814-823.
- Pérez-Lombard, L., Ortiz, J. & Pout, C. (2008). A review on building energy consumption information. *Energy and Buildings*, 40, 394-398.
- Pratt, M. G. (2009). For the lack of a boilerplate: Tips on writing up (and reviewing) qualitative research. *Academy of Management Journal*, 52, 856-862.
- Raiden, A. B., Dainty, A. R. J., & Neale, R. H. (2008). Understanding employee resourcing in construction organizations. *Construction Management and Economics*, 26, 1133-1143.
- Ruparathna, R., Hewage, K. & Sadiq, R. (2016). Improving the energy efficiency of the existing building stock: A critical review of commercial and institutional buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 53, 1032–1045.
- Schleich, J. (2009). Barriers to energy efficiency: A comparison across the German commercial and services sector. *Ecological Economics*, 68, 2150-2159.
- Sharpe, T. & Proven, G. (2010). Crossflex: Concept and early development of a true building integrated wind turbine. *Energy and Buildings*, 42, 2365–2375.
- Sidiras, D. K. & Koukios, E. G. (2004). Solar systems diffusion in local markets. *Energy Policy*, 32, 2007–2018.
- Shen, P. & Lior, N. (2016). Vulnerability to climate change impacts of present renewable energy systems designed for achieving net-zero energy buildings. *Energy*, 114, 1288-1305.
- Webb, A. L. (2017). Energy retrofits in historic and traditional buildings: A review of problems and methods. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 77, 748–759.
- Woo, J. & Menassa C. (2014). Virtual Retrofit Model for aging commercial buildings in a smart grid environment. *Energy and Buildings*, 80, 424-435.
- Zhang, X., Shen, L. & Chan, S. Y. (2012). The diffusion of solar energy use in HK: What are the barriers? *Energy Policy*, 41, 241–249.