

D2. Identificación de estrategias para la optimización energética de edificios de oficinas

Número de documento	D2
Título del documento	Identificación de estrategias para la optimización energética de edificios de oficinas
Versión	1.0
Estado	Final
Tarea	T2. Identificación de estrategias para la optimización energética de edificios de oficinas durante la fase de rehabilitación
Tipo de entregable	Informe
Fecha de entrega	30/06/2017
Autores	Dra. Marta Gangolells y Dr. Miquel Casals
Colaboradores	-
Palabras clave	Oficinas, medidas de eficiencia energética, rehabilitación energética
Nivel de diseminación	Público

Resumen ejecutivo

Este informe representa el hito número 2 del proyecto de investigación *EOFF - Soluciones individualizadas ambientalmente y económicamente sostenibles para la rehabilitación energética del parque de edificios de oficinas* (BIA2016-75382-R), financiado por el Ministerio de Economía, Industria y Competitividad a través Programa Estatal de Investigación, Desarrollo e Innovación Orientada a los Retos de la Sociedad. El objetivo general del este proyecto es el desarrollo de un modelo integrado para la determinación de la solución óptima de rehabilitación energética del parque de edificios de oficinas, teniendo en cuenta las repercusiones energéticas, económicas y ambientales asociadas a diferentes medidas de mejora y particularizadas a las características del edificio objeto de análisis. Este informe describe el resultado de los trabajos realizados en el marco de la *Tarea 2 - Identificación de estrategias para la optimización energética de edificios de oficinas durante la fase de rehabilitación*. Las medidas de rehabilitación energética identificadas en la tarea 2 se aplicarán sobre los casos de estudio que responden a las tipologías edificatorias de referencia identificadas en la tarea 1 para su evaluación energética (tarea 3), económica (tarea 4) y ambiental (tarea 5).

Tabla de contenidos

1.	INTRODUCCIÓN	7
2.	MEDIDAS DE MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA	7
2.1	MEDIDAS PRIMARIAS.....	9
2.1.1	<i>Aislamiento de fachada</i>	<i>9</i>
2.1.2	<i>Aislamiento de cubierta</i>	<i>10</i>
2.1.3	<i>Intervención sobre los huecos</i>	<i>10</i>
2.1.4	<i>Colocación de protecciones solares</i>	<i>10</i>
2.1.5	<i>Mejora de la estanqueidad.....</i>	<i>11</i>
2.2	MEDIDAS SECUNDARIAS.....	11
2.2.1	<i>Renovación de la caldera existente</i>	<i>11</i>
2.2.2	<i>Renovación de la bomba de calor existente</i>	<i>12</i>
2.2.3	<i>Instalación de una bomba de calor aerotérmica</i>	<i>12</i>
2.2.4	<i>Instalaciones solares térmicas</i>	<i>13</i>
2.2.5	<i>Instalación de elementos economizadores de agua en los equipos terminales</i>	<i>13</i>
2.2.6	<i>Instalación de una bomba de calor geotérmica</i>	<i>13</i>
2.2.7	<i>Sustitución de las lámparas existentes por otras más eficientes.....</i>	<i>13</i>
2.2.8	<i>Mejora de equipos.....</i>	<i>14</i>
2.3	MEDIDAS TERCARIAS	14
2.3.1	<i>Instalación de sistemas de gestión y control para la mejora de la eficiencia de la climatización y la iluminación</i>	<i>15</i>
2.3.2	<i>Acciones para el cambio de comportamiento de los usuarios.....</i>	<i>15</i>
3.	SELECCIÓN DE LAS MEDIDAS DE MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA	16
3.1	MEDIDAS PRIMARIAS.....	16
3.1.1	<i>Aislamiento de fachada</i>	<i>16</i>
3.1.2	<i>Aislamiento de cubierta</i>	<i>18</i>
3.1.3	<i>Intervención sobre los huecos</i>	<i>19</i>
3.1.4	<i>Colocación de protecciones solares</i>	<i>19</i>
3.1.5	<i>Mejora de la estanqueidad.....</i>	<i>20</i>
3.2	MEDIDAS SECUNDARIAS.....	20
3.2.1	<i>Renovación de la caldera existente</i>	<i>20</i>
3.2.2	<i>Renovación de la bomba de calor existente</i>	<i>21</i>
3.2.3	<i>Instalación de una bomba de calor aerotérmica</i>	<i>21</i>
3.2.4	<i>Instalaciones solares térmicas</i>	<i>22</i>
3.2.5	<i>Instalación de elementos economizadores de agua en los equipos terminales</i>	<i>22</i>
3.2.6	<i>Instalación de una bomba de calor geotérmica</i>	<i>22</i>



3.2.7	<i>Sustitución de las lámparas existentes por otras más eficientes</i>	22
3.2.8	<i>Mejora de equipos</i>	23
3.3	MEDIDAS TERCIARIAS	23
3.3.1	<i>Instalación de sistemas de gestión y control para la mejora de la eficiencia de la climatización y la iluminación</i>	23
3.3.2	<i>Acciones para el cambio de comportamiento de los usuarios</i>	24
3.4	DEFINICIÓN DE LOS PAQUETES DE MEDIDAS DE MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA	25
4.	CONCLUSIONES	26
5.	REFERENCIAS	26

Tablas

Tabla 1. Resumen de las medidas de mejora de la eficiencia energética analizadas.	8
Tabla 2. Ahorro energético derivado de la sustitución de las lámparas existentes.	14
Tabla 3. Detalle de las medidas seleccionadas de aislamiento de fachada por el exterior.	17
Tabla 4. Detalle de las medidas seleccionadas de aislamiento en la cámara de aire.	17
Tabla 5. Detalle de las medidas seleccionadas de aislamiento de fachada por el interior.	18
Tabla 6. Detalle de las medidas seleccionadas de aislamiento de cubierta por el exterior.	18
Tabla 7. Detalle de las medidas seleccionadas de aislamiento de cubierta por el interior.	19
Tabla 8. Detalle de las medidas seleccionadas de intervención sobre los huecos.	19
Tabla 9. Detalle de las medidas seleccionadas de colocación de protecciones solares.	20
Tabla 10. Detalle de la medida seleccionada de mejora de la estanqueidad.	20
Tabla 11. Detalle de las medidas seleccionadas de renovación de la caldera existente.	21
Tabla 12. Detalle de la medida seleccionada de renovación de la bomba de calor existente.	21
Tabla 13. Detalle de la medida seleccionada de renovación de la bomba de calor aerotérmica existente.	21
Tabla 14. Detalle de la medida seleccionada de instalación de una bomba de calor geotérmica.	22
Tabla 15. Detalle de las medidas seleccionadas de sustitución de las luminarias existentes por otras más eficientes. ..	23
Tabla 16. Detalle de la medidas seleccionada de mejora de equipos.	23
Tabla 17. Detalle de la medida seleccionada de instalación de sistemas de gestión y control para la mejora de la eficiencia de la climatización y la iluminación.	24
Tabla 18. Detalle de la medida seleccionada de cambio de comportamiento de los usuarios.	24
Tabla 19. Definición del paquete de rehabilitación integral.	25
Tabla 20. Definición del paquete de rehabilitación a bajo coste.	25



EOFF

*Soluciones individualizadas
ambientalmente y económicamente sostenibles
para la rehabilitación energética
del parque de edificios de oficinas*

D2. Identificación de estrategias
para la optimización energética de edificios de oficinas

Glosario y abreviaciones

ACS	Agua Caliente Sanitaria
EPS	Poliestireno expandido
HULC	Herramienta Unificada Lider Calener
ICAEN	Institut Català de l'Energia
IDAE	Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía
PCI	Poder Calorífico Inferior
XPS	Poliestireno extruido

1. Introducción

El objetivo de este documento es identificar las decisiones que, tomadas durante la fase de rehabilitación, pueden mejorar el comportamiento energético de los edificios de oficinas existentes en función de su tipología.

El segundo apartado describe las principales medidas para el ahorro energético que pueden aplicarse al entorno construido, distinguiendo las medidas primarias, relativas a la envolvente y a los elementos constructivos (mejoras en las fachadas, cubiertas y huecos, incluyendo ventanas y vidrios, etc.), las medidas secundarias, que se centran en las instalaciones (renovación de equipos de calefacción, refrigeración y/o producción de agua caliente sanitaria, incorporación de energías renovables, sustitución de lámparas antiguas, mejora de equipos, etc.) y las medidas terciarias, relacionadas con la implementación de sistemas de gestión y control y con el cambio de los hábitos de consumo de energía de los usuarios.

El tercer apartado identifica las medidas de mejora de la eficiencia energética seleccionadas para ser aplicadas en las tipologías de referencia identificadas (oficinas) durante la tarea 1 y detalla las características que se emplearán en su simulación.

2. Medidas de mejora de la eficiencia energética

Este apartado describe en primer lugar las medidas primarias, orientadas a reducir la demanda energética del edificio. En segundo lugar, se exponen las medidas secundarias, que son aquellas que se orientan a la reducción del consumo energético necesario para satisfacer la demanda energética del edificio. Finalmente, se desarrollan las medidas terciarias, que incluyen los elementos de gestión y control del consumo de energía (Tabla 1).

Tipo de medida	Descripción de la medida	
Medidas primarias	Aislamiento de fachada por el exterior	
	Aislamiento de fachada	Aislamiento de fachada por la cámara de aire
		Aislamiento de fachada por el interior
	Aislamiento de cubierta	Aislamiento de cubierta por el exterior
		Aislamiento de cubierta por el interior
	Intervención sobre los huecos	Sustitución de las ventanas existentes por ventanas con rotura de puente térmico y doble acristalamiento con cámara de aire

Tipo de medida	Descripción de la medida
	Instalación de toldos
	Instalación de persianas
Colocación de protecciones solares	Instalación de lamas solares
	Instalación de filtros solares
	Instalación de cortinas
Mejora de la estanqueidad	Instalación de masilla elástica, burletes y cintas adhesivas en ranuras de muros, pasos de cables y carpinterías
Medidas secundarias	Renovación de la caldera existente
	Renovación de la bomba de calor existente
	Instalación de una bomba de calor aerotérmica
	Instalaciones solares térmicas
	Instalación de elementos economizadores de agua en los equipos terminales
	Instalación de bomba de calor geotérmica
	Sustitución de las luminarias existentes por otras más eficientes
Mejora de equipos	
Medidas terciarias	Instalación de sistemas de gestión y control para la mejora de la eficiencia de la climatización y la iluminación
	Acciones para el cambio de comportamiento de los usuarios

Tabla 1. Resumen de las medidas de mejora de la eficiencia energética analizadas.

Fuente: Elaboración propia.

2.1 Medidas primarias

Las medidas primarias están orientadas a la contención de la demanda energética de edificios. La demanda energética se define como la energía necesaria para mantener en el interior del edificio unas condiciones de confort definidas en función del uso del edificio y de la zona climática en la que se ubique el edificio (Elías y Bordas, 2012). Dentro de este apartado se desarrollan las siguientes medidas de mejora de la eficiencia energética:

- Aislamiento de fachada
- Aislamiento de cubierta
- Intervención sobre los huecos
- Colocación de protecciones solares
- Mejora de la estanqueidad

2.1.1 Aislamiento de fachada

El aislamiento de una fachada existente puede acometerse por el exterior, por la cámara de aire o por el interior (ICAEN, 2005, Generalitat de Catalunya, 2010, ICAEN, 2016).

El aislamiento de fachada por el exterior consiste en la incorporación de aislamiento térmico en la cara exterior de la fachada con el objetivo de reducir las pérdidas térmicas por conducción. En este caso, se adhiere un panel aislante prefabricado (y revestido de una o varias capas) a la fachada existente. Los materiales más comúnmente utilizados son las lanas minerales, el poliestireno expandido (EPS), el poliestireno extruido (XPS), la lana de vidrio, la lana de roca y el corcho. Esta opción minimiza los puentes térmicos existentes (ICAEN, 2016).

El aislamiento de fachada por la cámara de aire consiste en la incorporación de aislamiento térmico dentro de la cámara de aire de la fachada con el objetivo de reducir las pérdidas térmicas por conducción. Los materiales más comúnmente utilizados son el poliestireno grafitado, la lana mineral inyectada, el PUR inyectado, la celulosa, el corcho, la lana de oveja y el algodón. Esta opción no elimina los puentes térmicos (ICAEN, 2016).

El aislamiento de fachada por el interior consiste en la incorporación de aislamiento térmico en la cara interior de la fachada con el objetivo de reducir las pérdidas térmicas por conducción. En este caso, se coloca un panel aislante prefabricado (y colocado sobre una placa de yeso laminado) con fijación mecánica o adhesiva a la cara interior de la fachada. Los materiales más comúnmente utilizados son el poliestireno expandido (EPS), la lana mineral, la celulosa, el corcho, la lana de oveja y el algodón. Esta opción no elimina los puentes térmicos existentes (ICAEN, 2016).

2.1.2 Aislamiento de cubierta

El aislamiento de la cubierta existente puede acometerse por el exterior o por el interior (ICAEN, 2005, Generalitat de Catalunya, 2010, ICAEN, 2016).

El aislamiento de la cubierta por el exterior consiste en la incorporación de aislamiento térmico protegido por una capa de impermeabilización (cubierta invertida). El material más utilizado es el panel rígido de poliestireno extruido (XPS) (ICAEN, 2016).

El aislamiento de la cubierta por el interior consiste en la incorporación de aislamiento térmico por el interior del edificio. En este caso, se coloca un revestimiento autoportante de placas de yeso laminado y aislamiento fijado sobre anclajes metálicos suspendido del forjado. Los materiales más utilizados son el poliestireno expandido (EPS) y la lana mineral (ICAEN, 2016).

2.1.3 Intervención sobre los huecos

Esta medida consiste en la sustitución de los cerramientos de los huecos de fachada, incluyendo la colocación de carpinterías con mejores prestaciones térmicas (incluyendo rotura de puente térmico) y la colocación de cristales con mejores características térmicas (ICAEN, 2005, Generalitat de Catalunya, 2010, ICAEN, 2016). El objetivo es reducir tanto las pérdidas de calor en invierno como las ganancias de calor en verano a través de los huecos de fachada y reducir las infiltraciones de aire para incrementar la estanqueidad de la vivienda (ICAEN, 2016). La intervención sobre los huecos suelo conllevar la sustitución de las ventanas existentes por ventanas con marco de PVC o de aluminio con rotura del puente térmico y doble acristalamiento con cámara de aire (IDAE, 2008), incrementando de esta forma el aislamiento térmico sin reducir la entrada de luz en el interior de las oficinas.

2.1.4 Colocación de protecciones solares

Esta medida de mejora incluye la instalación de toldos, persianas, lamas horizontales, filtros solares y cortinas en ventanas. El objetivo es reducir las cargas térmicas debidas a las ganancias solares de la radiación incidente sobre las ventanas. Así pues, se prioriza la protección de las ventanas en fachadas de orientación sur y oeste (ICAEN, 2016). Estos elementos tienen la propiedad de ser móviles, permitiendo el aprovechamiento de la radiación invernal y un cierto aumento del aislamiento térmico en invierno.

2.1.5 Mejora de la estanqueidad

Dentro de este epígrafe, se contempla la mejora de la estanqueidad al aire del edificio con la instalación de burletes, cintas adhesivas y masilla elástica. La incorporación de elementos de sellado que garanticen la reducción de la entrada de aire disminuye el consumo energético e incrementa el confort (ICAEN, 2016). Las ranuras de los muros interiores se suelen eliminar con masilla elástica, el sellado de cables se suele hacer con cinta adhesiva y las ranuras entre carpintería y muro o entre marco y hoja se suelen solucionar con ribetes o cintas adhesivas.

2.2 Medidas secundarias

Las medidas secundarias están orientadas a la contención del consumo energético de los edificios, sin disminuir su demanda energética. Algunas de las medidas de mejora consideradas dentro de este epígrafe tienen la voluntad de mejorar el rendimiento de la producción de calor y frío para reducir los consumos energéticos de calefacción y climatización de las oficinas, otras se orientan a la reducción de la cantidad de agua y/o el consumo energético para calentar el ACS y otras pretenden reducir el consumo eléctrico debido a la iluminación o al uso de equipos.

Dentro de este apartado se desarrollan las siguientes medidas de mejora de la eficiencia energética:

- Renovación de la caldera existente
- Renovación de la bomba de calor existente
- Instalación de una bomba de calor aerotérmica
- Instalación de elementos economizadores de agua en los equipos terminales
- Instalaciones solares térmicas
- Instalación de bomba de calor geotérmica
- Sustitución de las lámparas existentes por otras más eficientes
- Mejora de equipos

2.2.1 Renovación de la caldera existente

La mejor opción para renovar una caldera existente es instalar una nueva caldera de condensación de gas natural porque este tipo de calderas recuperan el calor residual del vapor de los humos a la salida de la combustión, consiguiendo rendimientos nominales de hasta el 109% sobre el poder calorífico inferior (PCI), frente a las calderas convencionales más eficientes que tienen un rendimiento nominal del 90% (ICAEN, 2016). Alternativamente y sin ser calderas de condensación, se recomienda que las calderas sean estancas (la admisión de aire y la evacuación de

gases tiene lugar en una cámara cerrada, sin contacto con el aire del local) o de modulación automática de la llama (minimizan el consumo en las arrancadas y las paradas) (ICAEN, 2016).

Algunas instalaciones antiguas (1960-70) pueden tener todavía calderas de gasoil con eficiencias muy bajas. En estos casos, es recomendable cambiar la caldera existente por otra de gas natural y más teniendo en cuenta que durante los últimos años se ha extendido significativamente la red de distribución de gas natural (ICAEN, 2016).

Des del punto de vista ambiental, son interesantes también las calderas de biomasa, que también pueden proporcionar agua caliente para calefacción y/o ACS. El combustible de este tipo de calderas es materia orgánica de origen vegetal (comúnmente pellets) y por este motivo se consideran sistemas de emisión casi nula. Las calderas de biomasa tienen unas dimensiones mayores que las calderas de combustibles tradicionales y además requieren bastante espacio para la acumulación del combustible que se utilizará (ICAEN, 2016).

2.2.2 Renovación de la bomba de calor existente

Esta medida de mejora consiste en la renovación de una bomba de calor antigua por otra bomba de calor con una elevada eficiencia energética, que permita generar tanto calor para calefacción y ACS en invierno como frío en verano. Siendo una tecnología bastante extendida en el sector de las oficinas, es recomendable sustituir los equipos antiguos ya que en los últimos años han mejorado mucho los rendimientos y el ahorro energético y económico puede ser considerable, especialmente si el equipo se utiliza de forma intensa en verano. Además, los equipos más eficientes cuentan con la tecnología Inverter, donde el variador de frecuencia del compresor permite adaptar la potencia en función de la demanda y evitar paradas de la bomba de calor (ICAEN, 2016). Los modelos más nuevos ya permiten producir ACS con un rendimiento bastante elevado, de manera que, en caso de existir, podría sustituirse el termo eléctrico. Según un informe de la Comunidad de Madrid (2017), la reducción del consumo eléctrico derivado del uso de una bomba de calor Inverter se sitúa alrededor del 55% en oficinas.

2.2.3 Instalación de una bomba de calor aerotérmica

Esta medida de mejora incluye la sustitución de una caldera antigua de calefacción y ACS y de una bomba de calor (en caso de refrigeración), por una bomba de calor aerotérmica aire-agua de elevada eficiencia que proporciona agua caliente para calefacción y ACS y agua fría para refrigeración (ICAEN, 2016). En este caso, la reducción del consumo de electricidad se estima en el 60% en oficinas (Comunidad de Madrid, 2017). Además, hay que señalar que este sistema es especialmente adecuado para suelos radiantes y radiadores de baja temperatura dado que presenta rendimientos muy elevados.

2.2.4 Instalaciones solares térmicas

Esta medida considera la instalación de un equipo solar térmico para cubrir las necesidades de ACS o parte de las necesidades de calefacción. Las tecnologías existentes incluyen el termosifón (equipo compacto de energía solar térmica que está formado por el depósito y los captadores) y el conjunto formado por el campo de captación, el depósito de acumulación y la caldera de soporte (ICAEN, 2016).

2.2.5 Instalación de elementos economizadores de agua en los equipos terminales

Esta medida de mejora pretende reducir el consumo energético derivado del calentamiento de ACS con la instalación de economizadores de en grifos y duchas. Los elementos economizadores de agua pueden ser mecánicos (aireadores, perlizadores o reductores de caudal), temporizadores y sensores de movimiento (ICAEN, 2016). Las oficinas no suelen incorporar duchas, con los que los elementos economizadores solo se instalan en grifos. Según datos de la Comunidad de Madrid (2017), la instalación de un limitador de caudal conlleva una reducción estimada del 20% del consumo eléctrico o de gas en oficinas.

2.2.6 Instalación de una bomba de calor geotérmica

Esta medida considera la instalación de energía geotérmica de baja temperatura o baja entalpia para cubrir las necesidades de calefacción y refrigeración de la oficina. El equipo está formado por una bomba de calor geotérmica y un bescanviador geotérmico instalado en el subsuelo mediante perforaciones verticales de unos 100 m de profundidad o enterrado en horizontal cubriendo una gran superficie en el caso de disponer de un jardín adecuado. Esta bomba de calor tiene un rendimiento más elevado que las bomba de calor convencionales, por tener un intercambio de calor a unas temperaturas más favorables y constantes durante todo el año (ICAEN, 2016). Este sistema presenta rendimientos elevados en suelos radiantes y radiadores de baja temperatura.

2.2.7 Sustitución de las lámparas existentes por otras más eficientes

Según los resultados obtenidos en la Tarea 1 y reportados en informe 1 del proyecto titulado *Segmentación del actual parque de edificios de oficinas* (Gangoellés y Casals, 2017), el consumo energético de iluminación representa el 33.84% en las oficinas. Esta medida de mejora consiste en el cambio de las lámparas existentes en el edificio por LEDs de mayor eficiencia y duración. El consumo eléctrico de las lámparas LED es un 85% inferior al consumo de las lámparas convencionales (Tabla 2). Además, su vida útil es más larga (unas 5 veces más que los fluorescentes y unas 20 veces más que las incandescentes) (ICAEN, 2016).

Las oficinas suelen incorporar lámparas fluorescentes porque proporcionan una iluminación de buena calidad y normalmente se requieren pocos encendidos. Tradicionalmente los fluorescentes incorporan un balastro que regula la intensidad de paso de la corriente. Los balastros convencionales son menos eficientes que los balastros electrónicos de alta frecuencia. Según datos de la Comunidad de Madrid (2017), el ahorro energético de cambiar el balastro en un tubo fluorescente de 58 W es del 22.60%.

Sustitución de	Por	Ahorro de electricidad [%]
Bombillas incandescentes	Fluorescentes compactas	76%
Bombillas incandescentes	Bombillas LED	85%
Bombillas halógenas convencionales	Fluorescentes compactas	74%
Bombillas halógenas convencionales	Bombillas LED	85%
Fluorescentes compactas	Bombillas LED	35%
Fluorescentes convencional	Bombillas LED	55%
Downlight 52W	LED 18W	65%
Foco	Foco LED	80%

Tabla 2. Ahorro energético derivado de la sustitución de las lámparas existentes.

Fuente: Elaboración propia con datos de Comunidad de Madrid (2017).

2.2.8 Mejora de equipos

Esta medida de mejora incluye la racionalización y la renovación de los equipos ofimáticos existentes por equipos de mayor eficiencia energética. El avance tecnológico de los últimos años proporciona equipos ofimáticos de mejor calificación energética (clase A+++ , con etiqueta EnergyStar o EPEAT) que consumen menos energía en fase de uso (ICAEN, 2016). En las oficinas, los ordenadores, los monitores y las impresoras adquieren una especial relevancia, teniendo en cuenta que muchas veces están encendidos las 24 horas del día.

2.3 Medidas terciarias

Las medidas terciarias incluyen los elementos de gestión y control del consumo de energía y las acciones sobre los usuarios. Dentro de este apartado se desarrollan las siguientes medidas de mejora de la eficiencia energética:

- Instalación de sistemas de gestión y control para la mejora de la eficiencia de la climatización y la iluminación
- Acciones para el cambio de comportamiento de los usuarios

2.3.1 Instalación de sistemas de gestión y control para la mejora de la eficiencia de la climatización y la iluminación

Esta medida de mejora incluye la incorporación de un sistema de gestión y control para la mejora de la eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, calefacción y refrigeración de los edificios de oficinas.

En la aproximación más tradicional, el sistema de gestión y control compara la variable o condición a controlar, con un valor determinado y previamente seleccionado, de forma totalmente automática y sin que se tenga que intervenir manual (valores fijos que varían solo en función de rutinas diarias, calendarios, etc.). Actualmente, los sistemas de gestión energética monitorizan el consumo energético de forma pormenorizada y a tiempo real, controlan parámetros relacionados con el confort (temperatura, humedad, iluminación, etc.) y actúan sobre los sistemas de ventilación, calefacción, refrigeración e iluminación, tomando una acción correctiva de acuerdo con la desviación que ha experimentado la variable en cuestión respecto al objetivo marcado. En este sentido, resulta vital monitorizar y controlar las condiciones ambientales y la ocupación de las estancias con el objetivo de consumir solo la energía demandada realmente. Por último, el análisis de los consumos históricos cobra cada día una importancia mayor, dada la posibilidad de detectar con ello posibles formas de optimizar los costes de explotación de la oficina (Comunidad de Madrid, 2017).

En relación a la gestión y control para la mejora de la eficiencia de la climatización, es muy importante la precisión en el control del punto de consigna (un desvío de 1.5°C puede suponer un 9% de consumo energético adicional), el control de los variadores de frecuencia en los ventiladores (el consumo de energía varía al cubo de la velocidad del ventilador) y el control de la presencia y/o ocupación y la correspondiente zonificación (Comunidad de Madrid, 2017).

La gestión y control para la mejora de la eficiencia de la iluminación contempla la incorporación de detectores de presencia o temporizadores en las zonas de paso para evitar consumos innecesarios cuando no hay personas en aquellos espacios (escaleras, ascensores, baños, etc.) y la mejora del control de la iluminación con el aprovechamiento de la luz natural (sensores de luz natural, controles on-off pero también modulación) (ICAEN, 2016).

2.3.2 Acciones para el cambio de comportamiento de los usuarios

Varios casos de estudio recientes señalan que la influencia del comportamiento de los usuarios en los edificios de oficinas puede llegar a ser un factor importante en la consecución de ahorros energéticos junto con otros aspectos técnicos (IDAE, 2009; Li et al., 2014; Nilson et al., 2015; Gandhi y Brager, 2016). Un análisis de la literatura existente sugiere que el potencial de ahorro energético derivado del cambio de comportamiento de los usuarios se sitúa

actualmente en el rango del 5 al 30% en edificios de oficinas, centrándose la mayoría de estudios en el comportamiento relacionado con la apertura de ventanas, el control de la iluminación y la gestión de la temperatura interior (Zhang et al., 2018).

3. Selección de las medidas de mejora de la eficiencia energética

Los siguientes subapartados detallan las medidas de mejora de la eficiencia energética seleccionadas para ser evaluadas energéticamente, ambientalmente y económicamente en los casos de estudio que responden a las tipologías de referencia identificadas durante la Tarea 1 del proyecto. Esta selección se ha hecho de acuerdo con el criterio experto del Institut Català de l'Energia (ICAEN, 2016). Este apartado también describe los paquetes de medidas de mejora que está previsto evaluar.

3.1 Medidas primarias

A continuación se relacionan las principales características de las diferentes medidas primarias de mejora de la eficiencia energética en relación al aislamiento de fachada, el aislamiento de cubierta, la intervención sobre los huecos, la colocación de protecciones solares y la mejora de la estanqueidad.

3.1.1 Aislamiento de fachada

En relación al aislamiento de fachada por el exterior (Tabla 3), las medidas seleccionadas incluyen las que son muy habituales (como por ejemplo el poliestireno expandido), las opciones que aunque no sean muy habituales utilizan un material renovable y de proximidad (como el corcho) y las opciones que presentan una buena conductividad térmica (poliestireno extrudido). En cambio, se descartan aquellas opciones que no son técnicamente viables como por ejemplo, la espuma de poliuretano.

Código	Descripción de la medida	Conductividad térmica (W/m·K)	Vida útil (años)
P1	EPS 6 cm	0.037	50
P2	EPS 12 cm	0.037	50
P3	XPS 6 cm	0.035	50
P4	XPS 12 cm	0.035	50
P5	Lana de roca 6 cm	0.037	50

Código	Descripción de la medida	Conductividad térmica (W/m·K)	Vida útil (años)
P6	Lana de roca 12 cm	0.037	50
P7	Corcho expandido 6 cm	0.040	50
P8	Corcho expandido 12 cm	0.040	50

Tabla 3. Detalle de las medidas seleccionadas de aislamiento de fachada por el exterior.

Fuente: Elaboración propia con datos procedentes del ICAEN (2016).

En relación al aislamiento de fachada por la cámara de aire (Tabla 4), se seleccionan aquellas medidas comúnmente utilizadas (como por ejemplo, el EPS grafitado y la lana mineral) y aquellas medidas que aunque no sean muy habituales utilizan un material renovable y de proximidad (como por ejemplo, la celulosa granulada y el corcho granulado).

Código	Descripción de la medida	Conductividad térmica (W/m·K)	Vida útil (años)
P9	EPS grafitado 5 cm	0.034	50
P10	EPS grafitado 10 cm	0.034	50
P11	Lana mineral 5 cm	0.037	50
P12	Lana mineral 10 cm	0.037	50
P13	PUR inyectado 5 cm	0.037	50
P14	PUR inyectado 10 cm	0.037	50
P15	Celulosa granulada 5 cm	0.040	50
P16	Celulosa granulada 10 cm	0.040	50
P17	Corcho inyectado 5 cm	0.040	50
P18	Corcho inyectado 10 cm	0.040	50
P19	Lana de oveja 5 cm	0.040	50
P20	Lana de oveja 10 cm	0.040	50
P21	Algodón inyectado 5 cm	0.040	50
P22	Algodón inyectado 10 cm	0.040	50

Tabla 4. Detalle de las medidas seleccionadas de aislamiento en la cámara de aire.

Fuente: Elaboración propia con datos procedentes del ICAEN (2016).

En relación al aislamiento de fachada por el interior (Tabla 5), se contemplan aquellas medidas más comunes (como por ejemplo, la lana mineral) y aquellas medidas que aunque no sean muy habituales utilizan un material renovable y de proximidad (como por ejemplo, la celulosa, el corcho, la lana de oveja o el algodón).

Código	Descripción de la medida	Conductividad térmica (W/m·K)	Vida útil (años)
P23	EPS 5 cm	0.037	50
P24	EPS 10 cm	0.037	50
P25	Lana de roca 5 cm	0.037	50
P26	Lana de roca 10 cm	0.037	50
P27	Celulosa 5 cm	0.040	50
P28	Celulosa 10 cm	0.040	50
P29	Corcho 5 cm	0.040	50
P30	Corcho 10 cm	0.040	50
P31	Lana de oveja 5 cm	0.037	50
P32	Lana de oveja 10 cm	0.037	50
P33	Algodón 5 cm	0.034	50
P34	Algodón 10 cm	0.034	50

Tabla 5. Detalle de las medidas seleccionadas de aislamiento de fachada por el interior.

Fuente: Elaboración propia con datos procedentes del ICAEN (2016).

3.1.2 Aislamiento de cubierta

Las medidas de mejora del aislamiento de cubierta por el exterior (Tabla 6) y por el interior (Tabla 7) seleccionadas incluyen las opciones más habituales.

Código	Descripción de la medida	Conductividad térmica (W/m·K)	Vida útil (años)
P35	XPS ¹ 8 cm	0.035	50
P36	XPS ¹ 12 cm	0.035	50

¹ Solo en tipologías de cubierta plana.

Tabla 6. Detalle de las medidas seleccionadas de aislamiento de cubierta por el exterior.

Fuente: Elaboración propia con datos procedentes del ICAEN (2016).

Código	Descripción de la medida	Conductividad térmica (W/m·K)	Vida útil (años)
P37	EPS 4 cm	0.037	50
P38	EPS 8 cm	0.037	50
P39	Lana de roca 4 cm	0.037	50
P40	Lana de roca 8 cm	0.037	50

Tabla 7. Detalle de las medidas seleccionadas de aislamiento de cubierta por el interior.

Fuente: Elaboración propia con datos procedentes del ICAEN (2016).

3.1.3 Intervención sobre los huecos

Las medidas seleccionadas incluyen las carpinterías que se comportan mejor desde el punto de vista térmico (PVC y aluminio con rotura de puente térmico). El acristalamiento más común son el vidrio 4/12/4 y el 4/16/4 (Tabla 8). El tipo de ventana considerada es practicable oscilobatiente. En cualquier caso, se considera que la carpintería representa un 30% del total de la superficie de la ventana y que los cristales tienen un factor solar que oscila entre 58 y 78 (bajo emisivo).

Código	Descripción de la medida	Transmitancia térmica del marco (W/m ² ·K)	Transmitancia térmica del vidrio (W/m ² ·K)	Transmitancia térmica global (W/m ² ·K)	Vida útil (años)
P41	Marco de PVC y vidrio 4/12/4	1.3	2.8	2.35	30
P42	Marco de PVC y vidrio 4/16/4 bajo emisivo	1.3	1.5	1.44	30
P43	Marco de aluminio con rotura de puente térmico y vidrio 4/12/4	3.1	2.8	2.89	30
P44	Marco de aluminio con rotura de puente térmico y vidrio 4/16/4 bajo emisivo	3.1	1.5	1.98	30

Tabla 8. Detalle de las medidas seleccionadas de intervención sobre los huecos.

Fuente: Elaboración propia con datos procedentes del ICAEN (2016).

3.1.4 Colocación de protecciones solares

En relación a las protecciones solares (tabla 9), se considera la colocación de toldos articulados y filtros solares (ampliamente utilizados en edificios del sector terciario) en las ventanas de las fachadas norte y oeste ($\pm 45^\circ$) pero se

descartan las persianas (porque esta medida suele ejecutarse junto al aislamiento de fachada o a la sustitución de las ventanas) y las cortinas (dado que su efecto es difícil de simular en los programas de simulación energética).

Código	Descripción de la medida	Vida útil (años)
P45	Toldo articulado	12
P46	Filtros solares	3

Tabla 9. Detalle de las medidas seleccionadas de colocación de protecciones solares.

Fuente: Elaboración propia con datos procedentes del ICAEN (2016).

3.1.5 Mejora de la estanqueidad

Para la reducción de las infiltraciones, se considera una solución que combina la colocación de burletes, cintas adhesivas y masilla elástica con el objetivo de reducir las infiltraciones (Tabla 10).

Código	Descripción de la medida	Vida útil (años)
P47	Instalación de burletes, cintas adhesivas y masilla elástica	10

Tabla 10. Detalle de la medida seleccionada de mejora de la estanqueidad.

Fuente: Elaboración propia con datos procedentes del ICAEN (2016).

3.2 Medidas secundarias

A continuación se relacionan las principales características de las diferentes medidas secundarias de mejora de la eficiencia energética en relación a la renovación de la caldera, la bomba de calor y/o la bomba de calor aerotérmica existentes, la instalación de elementos economizadores de agua en los equipos terminales, las instalaciones solares térmicas, la instalación de una bomba de calor geotérmica, la sustitución de las lámparas existentes por otras más eficientes y la mejora de equipos.

3.2.1 Renovación de la caldera existente

En relación a la renovación de la caldera existente, las medidas seleccionadas (Tabla 11) incluyen el cambio de la caldera existente por una caldera de condensación de gas natural (tanto en oficina de pequeño como de mayor tamaño)

y el cambio por una caldera de biomasa (en este último caso y debido a los requerimientos de espacio, esta medida solo se considerará para oficinas de gran tamaño).

Código	Descripción de la medida	Rendimiento estacional	Vida útil (años)
S1	Caldera de condensación de gas natural en oficinas de pequeño tamaño	0.95	16
S2	Caldera de condensación de gas natural en oficinas de gran tamaño	0.9	18
S3	Caldera de pellets para oficinas de gran tamaño	0.88	16

Tabla 11. Detalle de las medidas seleccionadas de renovación de la caldera existente.

Fuente: Elaboración propia con datos procedentes del ICAEN (2016).

3.2.2 Renovación de la bomba de calor existente

La medida seleccionada contempla la instalación de una bomba de calor con una unidad exterior y tantas unidades interiores como estancias (Tabla 12). En caso de existir una caldera para la calefacción, se considerará que la nueva bomba de calor solo da servicio en época de verano.

Código	Descripción de la medida	COP calor	EER frío	Vida útil (años)
S4	Renovación de la bomba de calor reversible aire-aire	4	3.7	20

Tabla 12. Detalle de la medida seleccionada de renovación de la bomba de calor existente.

Fuente: Elaboración propia con datos procedentes del ICAEN (2016).

3.2.3 Instalación de una bomba de calor aerotérmica

En este caso se considera una bomba de calor aerotérmica aire-agua reversible que también cubre la demanda de ACS (Tabla 13).

Código	Descripción de la medida	COP calor	EER frío	Vida útil (años)
S5	Instalación de una bomba de calor aerotérmica	4	3.7	20

Tabla 13. Detalle de la medida seleccionada de renovación de la bomba de calor aerotérmica existente.

Fuente: Elaboración propia con datos procedentes del ICAEN (2016).

3.2.4 Instalaciones solares térmicas

Teniendo en cuenta que el ACS representa sólo el 8.13% del consumo total de energía en las oficinas (Gangoells y Casals, 2017), se descarta la implementación de instalaciones solares térmicas porque así lo desaconseja su coste en relación a la baja demanda de agua caliente sanitaria en oficinas.

3.2.5 Instalación de elementos economizadores de agua en los equipos terminales

Se descarta la instalación de economizadores en grifos y duchas por su escasa presencia en el sector oficinas.

3.2.6 Instalación de una bomba de calor geotérmica

La instalación de una bomba de calor geotérmica se plantea solo para oficinas aisladas (no integradas dentro de otros edificios) dada la exigencia de espacio necesario para las perforaciones. La potencia variará en función de la zona climática del edificio (Tabla 14).

Código	Descripción de la medida	COP calor y ACS	EER frío	Vida útil (años)
S6	Instalación de una bomba de calor geotérmica	4.7	5.7	20

Tabla 14. Detalle de la medida seleccionada de instalación de una bomba de calor geotérmica.

Fuente: Elaboración propia con datos procedentes del ICAEN (2016).

3.2.7 Sustitución de las lámparas existentes por otras más eficientes

Esta medida de mejora incluye el cambio de las bombillas de incandescencia y halógenas a LED y la sustitución de los balastos convencionales por otros electrónicos (Tabla 15). La duración de las luminarias LED se estima en 50.000 horas. Suponiendo un uso de entre 8 y 12 horas diarias, las luminarias LED deberían reponerse cada 15 años. La vida útil de los balastos electrónicos se asume en 30 años.

Código	Descripción de la medida	Vida útil (años)
S7	Sustitución de las luminarias existentes por LEDs	15
S8	Sustitución de los balastos existentes por balastos electrónicos	30

Tabla 15. Detalle de las medidas seleccionadas de sustitución de las luminarias existentes por otras más eficientes.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.8 Mejora de equipos

La medida de mejora de equipos se analizará a parte dado que no puede modelizarse en los programas de certificación energética (tabla 16).

Código	Descripción de la medida	Vida útil (años)
S9	Sustitución de los equipos ofimáticos existentes por otros más eficientes	5

Tabla 16. Detalle de la medidas seleccionada de mejora de equipos.

Fuente: Elaboración propia.

3.3 Medidas terciarias

En este subapartado se relacionan las principales características de las diferentes medidas terciarias de mejora de la eficiencia energética seleccionadas relacionadas con la instalación de sistemas de gestión y control para la mejora de la eficiencia de la climatización y la iluminación y con las acciones para el cambio de comportamiento de los usuarios.

3.3.1 Instalación de sistemas de gestión y control para la mejora de la eficiencia de la climatización y la iluminación

Los sistemas de gestión y control automatizados optimizan el uso de las instalaciones y maximizan su eficiencia energética de acuerdo con las necesidades que deben satisfacerse. Lee y Cheng (2016) realizaron una extensa revisión de la literatura existente, incluyendo 105 artículos relacionados con la implementación de sistemas de gestión energética en edificios, y su análisis estadístico permite concluir que la implementación de sistemas de gestión energética en edificios proporciona un ahorro energético medio del 39.5% en el sistema de iluminación y del 14.07% en los sistemas de climatización y ventilación. Investigaciones más recientes en el ámbito de las oficinas sitúan el ahorro

energético global derivado de la instalación de un sistema de gestión energético inteligente al entorno del 5% (Yoon et al., 2018). Otros investigadores (Jiang et al., 2017) señalan un ahorro de 3.5%-10% en el sistema de climatización y ventilación en oficinas. Esta medida se analizará a parte en caso de no pueda modelizarse en los programas de certificación energética.

Código	Descripción de la medida	Vida útil (años)
T1	Instalación de un sistema de gestión y control para la mejora de la eficiencia de la climatización y la iluminación	15

Tabla 17. Detalle de la medida seleccionada de instalación de sistemas de gestión y control para la mejora de la eficiencia de la climatización y la iluminación.

Fuente: Elaboración propia.

3.3.2 Acciones para el cambio de comportamiento de los usuarios

Existen muchas formas de abordar el cambio de comportamiento de los usuarios, que incluyen desde campañas informativas generalistas, establecimiento de objetivos concretos, uso de incentivos, campañas que contemplan el feedback individualizado, discusiones grupales, experiencias de feedback grupal y educación entre iguales (Leygue et al., 2017). Experiencias más recientes destacan la gamificación como un buen instrumento para conseguir un cambio de comportamiento energético en el usuario (Morganti et al., 2017), incluso en el ámbito de las oficinas (Orland et al., 2014; TRIBE, 2017, ORBEET, 2017a).

Así pues, este proyecto considerará la implementación de un juego serio para el ahorro energético en el ámbito de las oficinas y se sustentará en los resultados obtenidos por el proyecto ORBEET (ORBEET, 2017a), financiado por la Unión Europea en el marco del programa H2020, orientado a minimizar el consumo energético de los edificios públicos utilizando la gamificación para concienciar a los usuarios (tabla 18). Según datos obtenidos durante la etapa de validación del proyecto (ORBEET, 2017b), el consumo energético anual de los edificios de oficinas puede reducirse entre el 16.88% y el 21.28%. Esta medida se analizará a parte dado que no puede modelizarse en los programas de certificación energética.

Código	Descripción de la medida	Vida útil (años)
T2	Implementación de un juego serio para el ahorro energético en oficinas	5

Tabla 18. Detalle de la medida seleccionada de cambio de comportamiento de los usuarios.

Fuente: Elaboración propia.

3.4 Definición de los paquetes de medidas de mejora de la eficiencia energética

Este subapartado detalla los paquetes de medidas de mejora que se analizarán en las tipologías de referencia identificadas (Tabla 19 y 20).

En general, las medidas primarias están interrelacionadas entre ellas dado que puede tener interés aprovechar el momento de colocar un aislamiento en fachada para cambiar las ventanas. En cambio, las medidas secundarias son muchas veces excluyentes entre ellas y tienen un carácter más independiente, de manera que los gestores de las oficinas pueden ejecutarlas en años sucesivos según sus prioridades y necesidades (como por ejemplo si se estropea un equipo en concreto). Así pues, no parece adecuado diseñar paquetes de medidas secundarias pero por el contrario, sí se considera interesante un paquete de medidas primarias que incorpore una medida secundaria como la renovación de una caldera (ICAEN, 2016).

Código	Descripción de la medida
PQ1	P1 Aislamiento de fachada por el exterior con EPS de 6 cm
	P35 Aislamiento de cubierta por el interior con XPS de 8 cm
	P42 Sustitución de las ventanas existentes por otras con marco de PVC y vidrio 4/16/4 bajo emisivo
	S1/S2 Renovación de la caldera existente por otra caldera de condensación de gas natural

Tabla 19. Definición del paquete de rehabilitación integral.

Fuente: Elaboración propia.

Código	Descripción de la medida
PQ2	P46 Instalación de filtros solares en las ventanas de las fachadas de orientación sur y oeste
	P47 Instalación de burletes, cintas adhesivas y masilla elástica
	S7 Sustitución de las luminarias existentes por LEDs

Tabla 20. Definición del paquete de rehabilitación a bajo coste.

Fuente: Elaboración propia.

4. Conclusiones

Los resultados alcanzados dentro de esta actividad incluyen la identificación de 58 medidas de mejora de la eficiencia energética (47 medidas primarias, 9 medidas secundarias y 2 medidas terciarias) y 2 paquetes de medidas de mejora. Posteriormente, estas medidas de mejora se simularon energéticamente (Tarea 3), económicamente (Tarea 4) y ambientalmente (Tarea 5) en los 324 casos de estudio que responden a las tipologías edificatorias de referencia identificadas en la Tarea 1.

5. Referencias

- [1] Comunidad de Madrid, 2017. Guía de ahorro y eficiencia energética en oficinas y despachos. [Consulta: 28 febrero 2017]. Disponible en: <<https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia-de-Ahorro-y-Eficiencia-Energetica-en-Oficinas-y-Despachos-fenercom-2017.pdf>>.
- [2] Elías, X, Bordas, S., 2012. Energía, agua, medioambiente, territorialidad y sostenibilidad. Editorial Díaz de Santos.
- [3] Gandhi P., Brager G. S., 2016. Commercial office plug load energy consumption trends and the role of occupant behavior. Energy and Buildings, 125: 1-8.
- [4] Gangolells M., Casals M., 2017. Segmentación del actual parque de edificios de oficinas [Consulta: 17 setiembre 2018]. Disponible en: <<https://upcommons.upc.edu/handle/2117/121218>>.
- [5] Generalitat de Catalunya, 2010. Guia de la renovació energètica d'edificis d'habitatges Envolupant tèrmica i instal·lacions. [Consulta: 13 marzo 2017]. Disponible en: <https://www.diba.cat/documents/7294824/12608513/H14GuiaRenovacioEnergeticaEdificisHabitatges_EnvolupamentTermicalInstalacions_GeneCat.pdf/4249eef2-868b-4a19-a72e-4d5854d8af04>.
- [6] Institut Català de l'Energia, 2005. Estudi tecnològic dels aïllaments tèrmics a Catalunya en l'àmbit de l'edificació. [Consulta: 7 marzo 2017]. Disponible en: <http://icaen.gencat.cat/web/.content/10_ICAEN/17_publicacions_informes/08_quies_informes_estudis/informes_i_estudis/arxius/200502_informe_aillaments_termics.pdf>.
- [7] Institut Català de l'Energia, 2016. Rehabilitació energètica d'edificis. Col·lecció Quadern Pràctic número 10. [Consulta: 5 marzo 2017]. Disponible en: <http://icaen.gencat.cat/web/.content/10_ICAEN/17_publicacions_informes/04_coleccio_QuadernPractic/quadern_practic/arxius/10_rehabilitacio_edificis.pdf>.

- [8] Instituto de Diversificación y Ahorro de la Energía, 2008. Soluciones de acristalamiento y cerramientos acristalados. [Consulta: 13 marzo 2017]. Disponible en: <http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10828_SolucionesAcristalamiento_A2008_A_e4087943.pdf>.
- [9] Instituto de Diversificación y Ahorro de la Energía, 2009. Cambiando los hábitos del consumo energético [Consulta: 13 marzo 2017]. Disponible en: <http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10457_BEHAVE_cambiando_habitos_consumo_09_bbf93f25.pdf>.
- [10] Jiang L., Yao R., Liu K., McCrindle R., 2017. An Epistemic-Deontic-Axiologic (EDA) agent-based energy management system in office buildings. *Applied Energy*, 205: 440-452.
- [11] Lee D., Cheng C.C., 2016. Energy savings by energy management systems: a review. *Renewable and Sustainable Energy Review*, 56: 760-777.
- [12] Leygue C., Ferguson E., Spence A, 2017. Saving energy in the workplace: Why, and for whom? *Journal of Environmental Psychology*, 53: 50-62.
- [13] Li C, Hong T, Yan D., 2014. An insight into actual energy use and its drivers in high performance buildings. *Applied Energy*, 131: 394-410.
- [14] Morganti L., Pallavicini F., Elena Cadel E., Candelieri A., Archetti F., Mantovani F., 2017. Gaming for Earth: Serious games and gamification to engage consumers in pro-environmental behaviours for energy efficiency. *Energy Research & Social Science*, 29: 95-102.
- [15] Nilsson A., Andersson K., Bergstad C. J., 2015. Energy behaviors at the office: An intervention study on the use of equipment. *Applied Energy*, 146: 434-441.
- [16] Orland B., Ram N., Lang D., Houser K., Coccia M., 2014. Saving energy in an office environment: A serious game intervention. *Energy and Buildings* 74: 43-52
- [17] TRIBE. TRaining Behaviours towards Energy efficiency: Play it! [Consulta: 13 marzo 2017]. Disponible en: <<http://tribe-h2020.eu/>>.
- [18] ORBEET. ORganizational Behaviour improvement for Energy Efficient adminisTrative public offices. [Consulta: 15 marzo 2017]. Disponible en: < <http://orbeet.eu/>>.
- [19] ORBEET. D4.6 Report on Pilot Operation and Validation of OrbEEt Framework. [Consulta: 18 marzo 2017]. Disponible en: <<http://orbeet.eu/wp-content/uploads/2018/04/D4.6-OrbEEt-Report-on-Pilot-Operation-Validation-Final1.pdf>>.

- [20] Yoon S., Kim S., Park G., Kim Y., Cho C., Park B., 2018. Multiple power-based building energy management system for efficient management of building energy. *Sustainable Cities and Society*, 42: 462-470.
- [21] Zhang Y., Baxi X., Mills F. P., Pezzey J. C. V., 2018. Rethinking the role of occupant behavior in building energy performance: A review. *Energy and Buildings*, 172: 279-294.