

Variabilidad del rendimiento de la ETSIE de Sevilla en función del grado de rehabilitación energética

Calama González, Carmen^(*), Calama Rodríguez, José María⁽¹⁾

(*) Departamento de Construcciones Arquitectónicas I. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Sevilla. (41012) Sevilla. España, carcalgon@alum.us.es
648966434

(1) Departamento de Construcciones Arquitectónicas II. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación. Universidad de Sevilla. (41012) Sevilla. España.

Resumen El objetivo de la presente comunicación es el estudio de la rentabilidad en actuaciones de mejoramiento del rendimiento energético a través del análisis de diversas actuaciones en un edificio de uso docente, para comparar la inversión económica con el rendimiento de la mejora energética conseguida con la intervención. El estudio se realiza en un edificio universitario con un sistema constructivo tradicional de los años 60 en España, a partir de la opción de rehabilitación energética para un cumplimiento mínimo de la normativa, aunque, como se comprueba a lo largo del análisis no todas las actuaciones presentan una viabilidad económica clara y se deja pendiente un plus en algunas de las mejoras, también por motivos básicamente económicos. Una vez obtenidos los resultados de las mejoras propuestas, se ha realizado una comparativa energética y económica de resultados, evaluando los aspectos económicos relacionados con el ahorro en las mejoras de eficiencia energética para el edificio con la inversión que estas mejoras suponen para analizar su viabilidad teniendo como base el periodo de amortización. La idea sobre la que se sustenta el estudio es el planteamiento de las posibles alternativas de mejora del rendimiento energético, en función de las situaciones de partida, con la finalidad de profundizar en otros indicadores válidos para actuaciones de eficiencia energética en edificios públicos docentes.

Palabras clave Rehabilitación energética, Rendimiento energético, Edificios docentes.

1 Introducción

Actualmente, una gran parte de los estudios de eficiencia energética se están enfocando al nivel del sector residencial [UE.2010]. Sin embargo, el consumo de energía crece en paralelo al desarrollo económico, por lo que parece oportuno optimizar la demanda energética de los edificios públicos y, en especial, de los que tienen consumos energéticos elevados. Por ello, la rehabilitación energética de edificios públicos está considerada como un área potencial clave [M. Fomento. 2014], no sólo en la reducción del consumo energético, sino en su relación con el ahorro en dinero público. Aumentar la eficiencia de dicho sector estudiando la relación que guarda el ahorro energético obtenido con el beneficio económico, es un paso fundamental en el estímulo social para ese cambio de paradigma.

De una manera sintética podemos justificar las intervenciones energéticas en este tipo de edificaciones, a partir de los siguientes planteamientos:

- Una de las obligaciones de las Administraciones Públicas es la reducción del coste de sus actividades, sirviendo de modelo a los ciudadanos.
- En los sectores públicos tiene que haber una disponibilidad hacia la eficiencia energética, para poder llegar a acuerdos técnicos, organizativos y a la identificación de recursos adecuados, con el compromiso práctico de mejorarlos.
- Y no basta con aplicar soluciones técnicas y definir posibles acciones de mejora, pues para conseguir una eficiencia energética, los gobiernos locales, regionales y nacionales deben conocer los puntos críticos y sus posibles soluciones, para poder influir en la toma de decisiones y disponer de las herramientas necesarias en función de sus necesidades energéticas.

La evolución de la eficiencia energética de los distintos sectores de Servicios Públicos puede evaluarse a través de los indicadores energéticos, que relacionan el consumo y la actividad económica o productiva responsable del mismo. El consumo energético asociado al sector Servicios Públicos en España en el año 2004 - último año con datos estadísticos desagregados disponibles - [IDAE.2007], se situó en cerca de 3,300,000.00 toneladas equivalentes de petróleo (tep.), es decir, el 35% del consumo total del Sector Servicios y el 3% del consumo de energía final. Más de la mitad de este consumo, corresponde al consumo eléctrico derivado de las necesidades de iluminación de los edificios.

Sin embargo, la heterogeneidad de los servicios prestados por los edificios públicos (sanidad, educación, oficinas, etc.), dan lugar a distintos parámetros explicativos del consumo asociados a los mismos. En el caso de los edificios públicos se suele explicar en función del número de usuarios que hacen uso de esa energía. Así, para la educación suele emplearse el número de estudiantes [IDAE.2007].

El problema es que los factores que contribuyen a un uso racional y eficiente de la energía son muy variados: la adecuación al contexto y el estado del edificio, la eficacia de los equipos e instalaciones, las tecnologías utilizadas, los hábitos y comportamientos de sus usuarios, etc. Por ello, cuando se analice el rendimiento energético de un edificio público, el primer paso es evaluar la situación real del consumo de energía que tiene el edificio para poder plantear las acciones adecuadas. Además, hay que tener presente que el ahorro energético de un edificio debe

estar enfocado a conseguir una reducción del consumo de energía pero sin reducir la productividad, la calidad, etc., y sin producir un impacto ambiental mayor que en la situación inicial [Sartori. 2007].

Por otro lado, cuando hablamos de un “centro docente”, es necesario dejar constancia de la heterogeneidad de las instalaciones que se incluyen en el concepto, puesto que como tales podemos contemplar desde los centros de educación superior de las universidades, hasta las escuelas infantiles pasando por institutos y colegios. Además, habría que distinguir los distintos tipos de aulas y zonas de trabajo, e incluso incluir otro tipo de espacios como las zonas comunes, aseos, vestuarios, cafeterías, instalaciones deportivas, etc. Esta diversidad existente en los centros docentes hace que, aunque en todos ellos tengamos como objetivo principal el ahorro energético y la consecución de condiciones de confort, será necesario distinguir, por el tipo de actividades y usuarios, ciertos factores diferenciadores que serán determinantes a la hora de analizar los distintos proyectos energéticos.

Además, aunque los organismos públicos en España programan actuaciones para la mejora de sus edificaciones e instalaciones existentes, éstos no plantean la relación que guarda el ahorro de energía final obtenido con el esfuerzo necesario para alcanzarlo [Charlot-Valdieu. 2011], por ello, resulta interesante disponer de recursos que ayuden en la toma de decisiones sobre la reducción de consumo en los proyectos para la rehabilitación energética de los edificios públicos existentes.

En nuestro estudio, planteamos el análisis del rendimiento energético de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación (ETSIE) de la Universidad de Sevilla, edificación de los años 60 que, según hemos podido constatar, se encuentra en los niveles más bajos de eficiencia energética, con el consiguiente coste para el erario público. Para el análisis hemos tomado los estándares mínimos de calidad del Código Técnico de la Edificación, aunque la aplicación directa de los mismos puede suponer una gran inversión económica [Vega. 2010]. Además, hemos incluido indicadores como el consumo anual de energía primaria o el coste de inversión en medidas de mejoramiento [Rúa. 2011], ya que esta información es muy relevante a la hora de conocer qué posibilidades tiene un edificio existente para mejorar su comportamiento, así como a la hora de incentivar actuaciones.

2 Objetivos

Partiendo de los fundamentos expuestos, en la presente comunicación se plantea como objetivo general el estudio energético de la ETSIE a partir de un análisis integral del edificio y situación energética para obtener un diagnóstico que nos permita comparar diferentes intervenciones que desemboquen en un mejor rendimiento energético, comprobando igualmente su viabilidad técnico-económica.

Se trata de generar indicadores técnicos y económicos válidos para que puedan ser comparados con las mejoras energéticas que proporcionan al edificio, relacionando el coste estimado con el tiempo de amortización. De esta forma se pueden proporcionar datos de referencia para la rehabilitación energética de edificios de

similar uso, especialmente si la edificación se construyó con una normativa análoga a la del edificio objeto de estudio.

Además, el estudio se ha realizado teniendo como base el funcionamiento actual del edificio, conociendo las influencias de factores como el clima, los valores de temperatura reales, comprobando lo inadecuado de algunos de sus equipos e instalaciones y dejando patente que la rehabilitación con las soluciones propuestas, permite obtener ahorros y beneficios, por tener los datos de las facturas de suministro correspondientes, así como las opiniones de los responsables de mantenimiento y usuarios del centro. Aunque las soluciones técnicas y económicas son importantes desde el punto de vista de la gestión energética, una parte fundamental de este tipo de estudios es conocer la relación de los usuarios con el edificio.

Por último, aunque no es un edificio modelo constructivo estandarizado, si lo es en cuanto al uso, por lo que las soluciones para mejorar su eficiencia energética, son objetivas y reales. De esta forma, se puede ir conformando una base de datos que sirva de modelo para generar unos criterios más generales y que permitan la comparación de casos similares al plantear el estudio de criterios múltiples.

3 Metodología

El estudio se ha planteado siguiendo un protocolo que une actividades relacionadas con las certificaciones y las auditorías energéticas [C. Economía. 2011]:

- A) Análisis arquitectónico y constructivo del edificio. Se trata de conocer la situación real del edificio, en relación con:
- Medición de la superficie y volumen del edificio.
 - Análisis constructivo, en especial de la envolvente y su aislamiento térmico.
 - Superficie acristalada y orientación de los huecos.
- B) Análisis energético actual del edificio. Se han tenido en consideración:
- El número medio de usuarios con el calendario y horario de uso.
 - Análisis de los contratos de suministro. Este estudio es fundamental si se quieren obtener datos que puedan proporcionar información de si los contratos vigentes contemplan las necesidades reales de los usuarios o de si se ha elegido la tarifa más conveniente en relación con el consumo.
 - Estudio de la contabilidad energética mensual, desagregando los consumos de electricidad y otros combustibles (gas natural).
 - Solicitud al Servicio de Mantenimiento los datos del estado de equipos para crear un registro de acciones de mantenimiento (ordinarias y extraordinarias).
 - Estudio de las instalaciones y equipos existentes, realizando mediciones y registros de sus parámetros principales de funcionamiento.
 - Cálculo de la energía requerida actualmente por el edificio, tanto en cantidad como en calidad, evaluando los parámetros térmicos y eléctricos.
 - Comprobación de la existencia de acciones divulgativas dirigidas a los usuarios. Ya se ha mencionado que, las acciones tomadas por las administraciones

hacia la mejora de la eficiencia energética deben servir de ejemplo a los propios usuarios, por lo que se debe comprobar el grado de sensibilización de los mismos hacia el ahorro de energía.

- Se ha realizado una aproximación a la eficiencia energética actual. Se tiene como base de partida el uso de sus instalaciones, el volumen del edificio y el tiempo en que se están utilizando las mismas. El cálculo se realiza en términos de kWh/m², que es un ratio de consumo de energía por unidad de superficie construida, convirtiendo los datos a superficie útil: se evalúa el consumo de energía en términos de iluminación mediante la potencia instalada por unidad de superficie.
- C) Diagnóstico y propuestas de acciones para la mejora. Con todos los datos obtenidos se conforma un registro de archivo para utilizarlos con las herramientas informáticas y poder realizar el diagnóstico y las propuestas de mejora, sobre la base de una viabilidad técnico-económica racional.

3.1 Definición arquitectónica y constructiva del edificio

El edificio que nos ocupa es una construcción del año 1964, con estructura de soportes y vigas de acero y forjados de viguetas de base cerámicas y de hormigón realizadas “in situ” y con un cerramiento compuesto por una fábrica de medio pie de ladrillo cara vista enfoscado por su interior, una cámara – sin aislamiento – de 7cm y un tabicón de ladrillo cerámico de 7cm guarnecido interiormente. El volumen global de huecos, representa un 42% del cerramiento de fachada. Todos los datos constructivos han sido incluidos en una herramienta que nos ha permitido crear una imagen virtual para realizar los diferentes cálculos energéticos.

3.2 Análisis energético actual del edificio

Aunque el edificio, desde el punto de vista constructivo, cumple las exigencias definidas en el Código Técnico de la Edificación [M. Vivienda. 2006] y el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios [MIET.2007], hemos introducido los datos constructivos en el programa CE3X [MINETUR.2016] (promovido por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo del Gobierno Español a través de la Agencia Pública IDEA, en la versión 2015/06_2.1 admitida como procedimiento para la certificación de edificios desde el 14-01-2016) para la calificación energética [MIET.2013] y se ha obtenido un indicador de emisiones de 86.80 kg de CO₂/m², lo que le otorga una calificación tipo D, que podemos considerar como mejorable. Estos cálculos nos llevan a tomar como base de partida una demanda de energía primaria para refrigeración de 2,656 kW y para calefacción de 2,621 kW.

Además, de los datos de la facturación facilitada por el Servicio de Mantenimiento de la Universidad, conocemos que en 2014, el consumo medio por día resultó del orden de 0.1223425 kWh/m² o, en otras palabras, 371,529.70 kWh anuales, distribuidos básicamente en: Iluminación 23%; Equipos 13%; Climatización 50%; Despachos 9% y Otros 5%; y de manera irregular durante todo el año. En la gráfica de la Figura 1, donde se ha incluido el consumo correspondiente al 2014, se observa cómo en los meses de verano (a excepción de agosto, mes que no contempla actividad), el consumo de la ETSIE asciende como consecuencia del consumo por climatización.

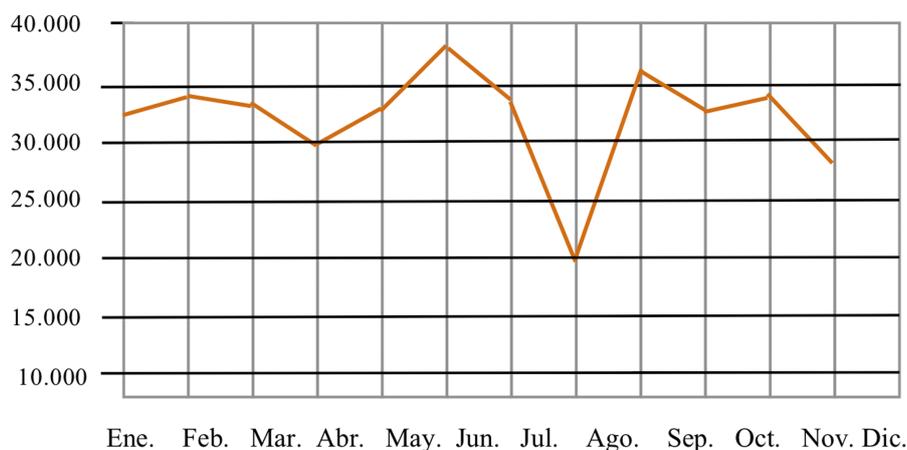


Fig. 1 Consumo mensual de la ETSIE en kWh (2014)

3.3 Diagnóstico y Análisis de las distintas intervenciones

Para conocer el estado energético actual del edificio, se han utilizado los programas CYPECAD-MEP y CE3X [MINETUR. 2007] basados en el CTE (Documento Básico DB HE de Ahorro de energía), para obtener las mejoras energéticas aplicando sistemas y estrategias de rehabilitación, disminuyendo el consumo energético y mejorando sustantivamente la eficiencia energética del edificio. Se han ido incorporado los datos del edificio en la herramienta informática, generando una imagen virtual a partir del programa CYPECAD MEP (Figura 2), el cual permite el cálculo de cargas energéticas y su posterior exportación de datos a la herramienta de certificación energética.

El estudio, básicamente lo hemos centrado en cuatro parámetros [U.E.2013]:

- La envolvente: incluyendo cubiertas, cerramientos de fachadas, disposición, tamaño y tipo de huecos en fachadas y vidrios.
- El sistema de iluminación: luminarias (tipo, potencia y cantidad)
- Los diferentes sistemas de climatización (refrigeración, calefacción).
- El sistema de ventilación (forzada y natural)



Fig. 2 Imágenes virtuales creadas por CYPECAD MEP

El diagnóstico en estos parámetros resulta ser de manera resumida el siguiente:

- Falta de aislamiento en fachadas y cubierta
- Carpinterías deficientes desde el punto de vista térmico, puesto que al ser carpinterías de acero con vidrios simples, se produce una gran transmisión de calor al interior del edificio.
- El edificio no posee sistemas de ventilación, por lo tanto la renovación del aire es prácticamente nula.
- El edificio no cuenta con sistemas de energía alternativa.
- Se han detectado gran cantidad de aparatos de aire acondicionado poco eficientes debido a su antigüedad y falta de mantenimiento.
- Prácticamente el 100% de las luminarias son de tipo fluorescente, por lo que no son todo lo eficiente que deberían ser para el número de horas que están en funcionamiento.

A partir de este diagnóstico se ha optado por plantear unas propuestas de rehabilitación enfocadas a la mejora de la eficiencia energética. En este sentido se han realizado las siguientes propuestas de intervención, separadas en dos grupos:

- Propuestas de mejora en la envolvente:
 - Disposición de material aislante en la cubierta
 - Disposición de material aislante en los cerramientos de fachada
 - Sustitución de carpinterías y vidrios de ventanas
 - Colocación de lámina solar en vidrios de ventanas orientadas al Sur
- Propuestas de mejora en las instalaciones:
 - Sustitución de luminarias
 - Modificación de la instalación de climatización

3.3.1 Propuesta de mejora de la envolvente

Los cambios propuestos están enfocados a obtener una mejora de los sistemas constructivos e instalaciones a fin de comprobar en qué medida afectan al rendimiento energético. Aunque hemos tenido oportunidad de analizar distintos tipos de mejora que contemplan el análisis de ciclo de vida, dada la extensión exigida a este tipo de comunicaciones, no se han podido incluir conclusiones al respecto.

Como resumen, se introduce al final de este apartado la Tabla 1 con los resultados obtenidos:

A1) Colocación de aislamiento en las cubiertas planas.

Al incorporar material aislante en las cubiertas, se consigue una reducción de la pérdida de calor interior en invierno y se evita un sobrecalentamiento del edificio en verano. De esta manera, se puede reducir la demanda energética de calefacción y refrigeración en el interior del edificio y, a la vez, aumentar la confortabilidad.

Una alternativa económica y técnicamente poco compleja es mantener la cubierta plana existente y colocar sobre ella un material aislante térmico, tipo polies-tireno extruido de espesor 50mm, una lámina geotextil y una capa de grava.

A2) Colocación de aislamiento en las fachadas.

De las diversas opciones de aislamiento en fachadas analizadas, hemos seleccionado la de inyección de aislamiento en las cámaras, al ser viable su ejecución desde el punto de vista técnico, puesto que el edificio debe mantenerse en funcionamiento prácticamente 11 meses al año. También aporta un abaratamiento en los costes, pero proporciona unos datos de mejoras térmicas similares a otros sistemas, lo que consideramos adecuado para este tipo de estudio que busca más, comprobar la eficacia de la mejora desde el punto de vista climático, que la propia mejora desde el punto constructivo. Para estudiar un caso específico, se ha optado por una inyección de poliuretano ($U_m: 0.49 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$) en la cámara de aire.

A3) Sustitución de la carpintería y vidrios en ventanas.

Las carpinterías del edificio son las originales: perfiles de acero, correderas y con vidrios simples de 4mm. Aunque una renovación completa de la carpintería puede ser una acción eficaz, ya que las nuevas tecnologías proporcionan sistemas más eficientes energéticamente e introducen mejoras en el confort térmico, el consumo energético de las ventanas, depende fundamentalmente del vidrio y de los elementos pasivos de oscurecimiento, como retranqueos, voladizos, toldos o persianas. Por ello, hemos optado por mantener la carpintería existente incorporando un vidrio de doble acristalamiento con cámara.

A4) Colocación de lámina solar en vidrios de ventanas orientadas al Sur

Esta opción se ha planteado, ya que más del 30% de las ventanas se encuentran orientadas al Sur y disponen como sistema de protección solar persianas enrollables que oscurecen el aula, lo cual debido a la actividad docente, en ciertos casos, obliga al consumo de luz artificial. Este tipo de sistemas actúa como filtro de protección solar, llegando a reflejar hasta el 80% de la energía infrarroja y permitiendo el paso de menos del 15% de la energía solar responsable del calentamiento, reduciéndose drásticamente la ganancia de calor a través de los acristalamientos.

El problema, sin embargo, es que además de reducir los efectos dañinos del sol y el calor, al mismo tiempo también se reduce la entrada de luz. Sin embargo, a diferencia de los sistemas actualmente instalados, no obligan a un oscurecimiento global. Además, la mayor parte de los fabricantes de este tipo de productos, aseguran como resultado de su colocación un aumento de la efectividad del aire acondicionado y la calefacción y, en consecuencia, un ahorro energético.

Para esta propuesta hemos empleado el modelo PRESTIGE 70, cuyos datos técnicos pueden consultarse en el catálogo online de la casa comercial 3M.

Tabla 1 Nuevos rendimientos y costes de las propuestas de mejoras constructivas

Tipo mejora/ calificación energética	Coste de mejora (€)	Ahorro energía primaria (kWh/año)		Ahorro Global (€/año)	Ahorro total (%)	Período amortizaci- ón (años)
		Refrig.	Calefac.			
A1/85.0 D	37,902.00	58,240.00	-4,742.40	4,442.50	1.71	8.50
A2/77.8 C	265,800.00	231,795.20	23,961.60	21,238.30	4.80	12.50
A3/77.8 C	316,500.00	281,382.40	-15,641.60	22,067.38	1.95	14.35
A4/79.6 C	18,000.00	221,478.40	-8,320.00	17,700.90	1.51	1.06

3.3.2 Propuesta de mejora de las instalaciones

Llegados a este punto hemos de reseñar que en el diagnóstico se han detectado tres problemas básicos en el caso de las instalaciones que no favorecen la eficiencia energética: no se disponen de sistemas de renovación de aire, el elevado consumo eléctrico del edificio debido al número de horas que permanecen encendidas las lámparas de iluminación y el bajo rendimiento de los sistemas de climatización.

En lo referente al tema de la renovación de aire se trata de un proceso técnico complejo, ya que los sistemas de climatización instalados en el edificio no poseen sistemas de ventilación mecánica que permitan recuperar el calor en invierno, para calentar el aire frío que entra desde el exterior, o que en verano puedan enfriar ese mismo aire, mejorando considerablemente la calidad del aire de los circuitos. La norma española de obligado cumplimiento (Código Técnico de la Edificación para viviendas y el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios para uso terciario), exige a un edificio de las características del analizado, un sistema de ventilación para renovar el aire, el cual permite reducir el consumo energético de forma considerable. En este sentido, pensamos que sería conveniente realizar un estudio en profundidad, ya que la extensión de esta comunicación impide su desarrollo.

En cuanto al tema de los sistemas de climatización, por la latitud en la que se sitúa el edificio, hemos comprobado que los sistemas de calefacción (principalmente radiadores) se ponen en funcionamiento cuatro meses del año: noviembre, diciembre y enero – meses en los que se reduce la actividad en el edificio – y febrero. Sin embargo, para la refrigeración resultan rendimientos muy desproporcionados y es una de las cuestiones más críticas que se le pueden atribuir al edificio desde un punto energético. En lo referente a la orientación, es importante reseñar la existencia de un gran número de aulas (casi un 50%) que están orientadas al Sur y que tienen grandes ventanales, sin voladizos que proporcionen sombra en el estío, lo que posibilita un rápido sobrecalentamiento del aire interior.

El principal problema es que el edificio se proyectó sin sistemas de refrigeración, lo que ha llevado a dotar a las estancias de aparatos independientes, algunos para producción de frío y calor, y otros exclusivamente de frío, todos refrigerados por gas. Hay casi 300 equipos, la mayor parte de tipo Casette o tipo Splits, sin retorno de aire, de diversos fabricantes, potencias frigoríficas y características técnicas. También hemos constatado la existencia de varios aparatos tipo “fan-coils”, destinados a calefacción en invierno y refrigeración en verano. Estas unidades no permiten una óptima explotación del sistema de calefacción, ya que requieren temperaturas del agua caliente elevadas de 70° a 75°C con el consiguiente derroche energético. Además el mantenimiento y limpieza de estos equipos es de gran importancia, ya que hay que evitar la suciedad depositada en las superficies de intercambio para que no se reduzca el rendimiento calórico.

Dada la envergadura que supone este estudio, debido al gran número de aparatos diferentes que deben ser analizados, no se ha podido incluir esta mejora en este análisis, aunque consideramos que para las conclusiones definitivas su estudio sería necesario ya que gran parte del consumo energético, tal como puede comprobarse en la facturación energética, se produce en los últimos meses de primavera, en el verano (con excepción de agosto) y principios de otoño.

Por ello, en las propuestas de la mejora, nos centramos en la reducción del consumo energético que originan las luminarias, puesto que en algunas zonas del edificio, éstas funcionan hasta 16 horas al día. El planteamiento del estudio se ha enfocado directamente en la sustitución de las luminarias existentes (tubos fluorescentes) por lámparas de LED, tecnología con la cual se obtiene un mayor rendimiento además de bajar el consumo energético un 50% aproximadamente.

Aunque hemos podido comprobar que en algunas estancias, como por ejemplo, las salas de estudios, la luminosidad producida por las lámparas actuales está por encima de la mínima exigida en la norma, el proceso seguido ha sido mantener los luxes de las estancias para comprobar directamente el ahorro de la energía primaria conseguido, cumpliendo con los valores exigidos por la normativa de aplicación (CTE-DB-HE3). En este sentido se obtiene el siguiente cálculo global: Potencia actual instalada: 49,618.00W; y potencia mejorada con lámparas tipo LED: 25,427.00W (Tabla 2).

Tabla 2 Nuevos rendimientos y costes de las propuestas de mejora de instalaciones

Tipo mejora/ calificación energética	Coste mejora (€)	Ahorro energía primaria (kWh/año)	Ahorro Global (€/año)	Ahorro Total (%)	Período amortización (años)
B/63.74 C	146,826.16	58,240.00	49,212.88	51.24	3.70

4 Conclusiones

De este trabajo de investigación se pueden extraer las siguientes conclusiones:

En primer lugar, se han obtenido los datos, de forma individualizada, de las mejoras en consumo de energía y ahorro que proporcionan cada una de las propuestas de intervención, lo cual nos permite hacernos una idea de la viabilidad económica y de la rentabilidad de cada una de ellas. Aunque para analizar la variabilidad de la eficacia del rendimiento, los datos en sí mismos aportan una aproximación para la toma de decisiones, hemos de dejar constancia que se debería completar el análisis con un estudio de las combinaciones de estas mejoras.

Con los datos aportados, puede confirmarse que incluyendo en la rehabilitación del edificio el cambio de luminarias y cualquiera de las otras alternativas de mejoramiento propuestas, el edificio conseguiría alcanzar una calificación energética del orden de C (emisiones en kgCO_2/m^2 año, entre 54.7 y 84.1) e incluso, en algunos casos, el nivel B (emisiones en kgCO_2/m^2 año, entre 33.7 y 54.7).

En cuanto a las intervenciones en la envolvente del edificio, tanto en el caso de la mejora térmica de la cubierta y las fachadas, así como el cambio de las ventanas y los vidrios, aunque no resultan complejos desde un punto de vista constructivo, parece que su coste no va en la misma proporción que su mejora eficiente, ya que su amortización es superior a 10 años, tiempo límite considerado eficaz para su amortización por parte de la Administración Universitaria Andaluza, ya que de lo que se trata en este primer estadio del estudio de la eficiencia energética, nivel en el que planteamos el presente análisis, es de valorar soluciones directamente relacionadas con una reducción económica real, dejando para un segundo estadio las valoraciones cualitativas, medioambientales...

Un dato de interés es la comprobación de un consumo energético constante originado por el tiempo en que permanecen encendidas las luminarias del edificio, por lo que la sustitución de las actuales lámparas fluorescentes por el tipo de lámparas de tecnología LED, de menos consumo y mejor rendimiento, se muestra bastante eficaz, así como viable tanto técnica como económicamente.

También es interesante comprobar como la colocación de láminas solares en los vidrios de las ventanas más expuestas a la radiación resulta eficaz. Desde el punto de vista técnico se trata de una intervención sencilla y con un corto periodo de amortización, ya que aunque afectan de forma negativa en el caso del consumo de energía para la calefacción del edificio, son bastante efectivas para la reducción del consumo energético en refrigeración, y presentan un coste aceptable.

En cuanto al tema de la rehabilitación de los sistemas de climatización (refrigeración y calefacción), se trata de un estudio que sobrepasa el espacio y el tiempo de esta comunicación. No obstante, consideramos que su estudio es necesario, no solo ya desde el punto de vista de la mejora de la calificación energética, sino porque se conseguiría mejorar el actual rendimiento que ofrecen los aparatos. No obstante, hay que tener presente que en los edificios docentes, existen tres posibilidades diferentes de termo-regulación ya que las estancias tienen distintas necesidades caloríficas. Por un lado las aulas, salas de estudio, laboratorios, ocupadas por mayor número de personas; por otro los despachos del profesorado y del

personal de administración y servicios; y por último las zonas de pasos perdidos y pasillos. Para un análisis más completo, también sería conveniente un análisis por estancias, con un sistema de termo-regulación que permita a cada área mantener una temperatura distinta; y mejorar los sistemas de iluminación del edificio, por ejemplo, con detectores de presencia, mediante reductores del flujo luminoso, etc. o bien analizando con detalle aspectos ligados al confort, temperatura, humedad...

REFERENCIAS:

Charlot-Valdiou, C.; Outrequin, P. (2011) Un procedimiento y una herramienta de ayuda a la decisión para desarrollar estrategias de rehabilitación energética sostenibles para la Directiva Europea (EPBD) 2010. Informes de la Construcción Vol 63

Consejería de Economía y Hacienda de la Comunidad de Madrid (2011) Guía de ahorro y eficiencia energética en centros docentes

IDAE (2007) Proyecto Enerbuilding. El uso racional de la energía en edificios públicos.

MIET. (2013) Real Decreto 235 Procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios

MINETUR (2007) Real Decreto 1027/2007, Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios y Real Decreto 238/2013, por el que se modifican determinados artículos e instrucciones técnicas del anterior.

MINETUR (2016) Procedimientos para la certificación de edificios
<http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/DocumentosReconocidos/Paginas/procedimientos-certificacion-proyecto-terminados.aspx> Accessed 4 Sep 2016

Ministerio de Fomento (2014) Estrategia a largo plazo para la rehabilitación energética en el sector de la edificación en España en desarrollo del Artículo 4 de la Directiva 2012/27/UE

Ministerio de Vivienda (2006) Real Decreto 314/2006, Código Técnico de la Edificación

Ruá, M.J. & López-Mesa, B. (2011) Spanish energy rating labelling of buildings and its cost implications. Informes de la Construcción Vol. 64: 307-318

Sartori, I., & Hestnes, A.G. (2007) Energy use in the life cycle of conventional and low-energy buildings. Energy and Buildings Vol. 39: 249-257

Unión Europea. Directiva Europea (2010) 31/UE del Parlamento Europeo y Consejo, relativa a la eficiencia energética de los edificios.

Unión Europea. Directiva Europea (2012) Directiva Europea 27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a la eficiencia energética, transpuesta por el Real Decreto 56/2016.

Vega Catalán, L. (2010) La rehabilitación en el Código Técnico de la Edificación. Congreso Internacional, Rehabilitación y Sostenibilidad en España, Barcelona.