

## **PROPOSAL OF ENERGY REHABILITATION COMPATIBLE WITH CULTURAL VALUES IN HISTORIC ARCHITECTURE: THE PALACE OF THE MARQUIS OF CASA-TILLY, IN CARTAGENA**

Maestre de San Juan Escolar, Carlos  
Universidad Politécnica de Cartagena

New energy policies ensure a significant reduction in power consumption of the housing stock and emissions of greenhouse gasses to the atmosphere. However, RD 235/2013, April 5th, by which basic procedure for the certification of the energy performance of buildings, as well as the different regional laws that implement it do not have mandatory compliance in protected buildings, as in the case of Monuments. Therefore, a great opportunity of energy rehabilitation is lost because of those buildings are not included in this kind of control, buildings which usually need to be conserved, restore and/or rehabilitated periodically but in whose interventions are not considered necessary improvements for their best possible energy rating.

In this research work consists on the energy analysis of the former Palace of the Marquis of Casa-Tilly, one XVIIIth century building in Cartagena, and the study and assessment about the possible improvement measures to develop its energy rehabilitation. The objective is to set the optimum situation where its energy qualification is the best possible through interventions which are suitable and compatible with the protection and conservation of the historic, architectural and cultural values that the building possesses.

**Keywords:** energy efficiency; rehabilitation; architectural heritage

## **PROPUESTA DE REHABILITACIÓN ENERGÉTICA COMPATIBLE CON LOS VALORES CULTURALES EN ARQUITECTURA HISTÓRICA: EL PALACIO DEL MARQUÉS DE CASA-TILLY, EN CARTAGENA**

Las nuevas políticas en materia de energía garantizan una reducción significativa del consumo energético del parque inmobiliario, así como de la emisión de gases nocivos para la atmósfera. Sin embargo, el R.D. 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios y las sucesivas normativas autonómicas que la desarrollan no son de obligado cumplimiento en edificios protegidos, como los monumentos. Por tanto, se pierde una gran oportunidad de rehabilitación energética al no incluir dentro de este control a unos edificios que suelen ser conservados, restaurados y/o rehabilitados periódicamente, pero en cuyas intervenciones no se consideran obligatorias las mejoras necesarias para la mejor calificación energética posible.

En este trabajo de investigación se muestra el estudio energético realizado sobre el antiguo Palacio del Marqués de Casa-Tilly, un inmueble del siglo XVIII ubicado en Cartagena, así como un análisis y valoración de las posibles medidas de mejora para su rehabilitación energética. El objetivo es encontrar la situación óptima donde se mejoren sus niveles de calificación energética mediante actuaciones que sean compatibles con la protección y conservación de los valores históricos, arquitectónicos y culturales que atesora el edificio.

**Palabras clave:** eficiencia energética; rehabilitación; patrimonio arquitectónico

Correspondencia: Carlos Maestre de San Juan Escolar - c.maestredesanjuan@gmail.com

Agradecimientos: A mis tutores Pedro E. Collado Espejo y Gemma Vázquez Arenas. Y a mi familia y amigos, por estar siempre ahí.

## 1. Introducción

A partir del día 1 de junio de 2013 y gracias al R.D 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios, una parte importante del parque inmobiliario debe ser analizado, controlado y, posiblemente, rehabilitado para conseguir una reducción significativa de su consumo de energía y la disminución de sus emisiones de gases de efecto invernadero. Sin embargo, el R.D. 235/2013 establece que los edificios con algún grado de protección, como los monumentos y en general los bienes inmuebles con algún grado de protección, están exentos de este análisis y no tienen obligación de obtener el certificado de eficiencia energética. En el caso de la Región de Murcia esta particularidad se ha mantenido por medio de la Orden de 24 de mayo de 2013 de la Consejería de Universidades, Empresa e Investigación, por la que se crea y regula el Registro de Certificados de Eficiencia Energética de Edificios de la Región de Murcia. De esta forma, quedan fuera de este control los edificios con valor histórico a pesar de que, por sus características, suelen requerir actuaciones de restauración, rehabilitación y/o conservación con cierta periodicidad, pero en cuyas intervenciones no se consideran obligatorias las mejoras necesarias para la mejor calificación energética posible. Queda así al criterio del/los técnico/s responsable/s de la intervención la ejecución de soluciones constructivas que reduzcan el consumo energético, perdiendo así una oportunidad de rehabilitación energética del Patrimonio Arquitectónico.

Esta publicación recoge los planteamientos y resultados de una serie de estudios realizados en el Departamento de Arquitectura y Tecnología de la Edificación de la Universidad Politécnica de Cartagena (Maestre de San Juan, 2012; Maestre de San Juan 2015). Esta labor tiene como objeto determinar el consumo energético actual y demostrar los beneficios de una serie de mejoras de rehabilitación energética sobre un edificio histórico en concreto: el antiguo Palacio del Marqués de Casa-Tilly, un inmueble del siglo XVIII ubicado en la ciudad de Cartagena (Murcia, España).

Teniendo en cuenta las características históricas, arquitectónicas, materiales y culturales del inmueble, se plantean intervenciones en la envolvente del Palacio (muros de cerramientos, cubiertas y carpinterías, así como una renovación de las instalaciones de climatización e iluminación, para mejorar sus niveles de calificación energética. Realizando siempre un análisis y valoración energética de las propuestas que sean siempre respetuosas y compatibles con los valores patrimoniales que caracterizan a este edificio.

## 2. Objetivos

Una parte del parque inmobiliario español está protegido y cuenta con exenciones legales en la aplicación de los principios de eficiencia energética en edificios, es decir, lograr un máximo rendimiento y confort dentro del edificio con el mínimo consumo de recursos posible. Si a esto añadimos la escasa tradición de mantenimiento de los inmuebles en España, el resultado que se obtiene es que los edificios históricos suponen a menudo una carga para sus propietarios, debido al elevado coste de funcionamiento de sus instalaciones mientras que suelen disponer de unas prestaciones inferiores a los edificios actuales.

Sin embargo, dicha situación no tiene por qué mantenerse así. En este trabajo de investigación se busca encontrar la situación óptima donde los edificios históricos mejoren su comportamiento energético gracias a los nuevos avances tecnológicos a la vez que se asegura el respeto y la conservación a aquellos valores históricos, artísticos y culturales que se le atribuyen al edificio. Cada una de estas intervenciones debe basarse en un completo estudio previo para realizar una intervención única, como únicos son estos inmuebles.

### **3. Metodología**

El procedimiento para calcular el comportamiento energético actual del edificio, así como para medir los cambios producidos por las medidas de mejora propuestas consistirá en un estudio pormenorizado del Palacio, volcando toda esta información en el software CE3X, de calificación de eficiencia energética en edificios existentes. El programa se basa en la comparación del inmueble a calificar con una base de datos de otros edificios de todo el territorio español, que permite realizar simulaciones con edificios similares ya calculados e interpolando respecto a ellas las demandas de calefacción y refrigeración.

El proceso comienza insertando los datos que conocemos dentro de los campos: datos administrativos, datos generales, envolvente térmica, instalaciones, gracias a unas completas librerías de materiales y sistemas constructivos que permiten definir todos los elementos que componen al edificio de estudio. El sistema permite cierta flexibilidad al introducir estos datos al contar con las opciones de calores por defecto, valores estimados y valores conocidos ya que, especialmente en el caso de inmuebles muy antiguos, algunos datos del mismo pueden resultar poco precisos o directamente imposibles de recabar. Un elemento a destacar es la posibilidad de establecer un patrón de sombras para cada edificio concreto, que permiten definir los perfiles de obstáculos que proyectan sombras sobre las superficies de estudio, tanto mediante proyección cilíndrica como por método simplificado para obstáculos remotos paralelos.

Una vez insertada la información, el software CE3X permite realizar la calificación de la eficiencia energética del estado actual del edificio, así como añadir las medidas de mejora que contempla la legislación y un análisis económico de las mismas. El programa sugerirá unas medidas de mejora determinadas, pudiendo cada certificador incorporarlas al informe, modificarlas, completarlas o proponer y definir cuantas nuevas medidas crea convenientes. Ya con todo este trabajo realizado, el último paso es generar e imprimir el informe con los resultados de eficiencia energética, que incluye el valor de la certificación como el resultado de las propuestas de mejora.

### **4. Caso de estudio**

Como etapa previa y necesaria al planteamiento de propuestas de mejora para un edificio histórico, los agentes intervinientes deben realizar un ambicioso estudio previo, que será de inestimable ayuda para conocerlo mejor y completar las lagunas de información que suelen aparecer en edificios centenarios. Esto nos permitirá fechar su construcción, conocer los materiales y sistemas constructivos de la época o localizar elementos de especial relevancia, etc. En resumen, adoptar un criterio objetivo para mejorar el comportamiento energético del edificio a la vez que se protegen y conservan sus valores culturales.

#### **4.1 Reseña histórica**

El antiguo Palacio del Marqués de Casa-Tilly, actual sede de la Sociedad Recreativa Casino de Cartagena, se construyó como símbolo del poder económico y social de la nobleza. El personaje responsable de su construcción fue D. Francisco Everardo Tilly y García de Paredes, I Marqués de Casa-Tilly a partir del año 1761. Se puede fechar el levantamiento de este palacio barroco a finales del siglo XVIII, cuando su propietario afianza las bases de su influencia política y fortuna económica por medio de sus notables éxitos militares.

De acuerdo con (Tornel, 1996; Cegarra, 2005), al final del siglo XIX, el centro histórico de la ciudad de Cartagena se encuentra devastado por el intenso bombardeo al que fue sometida durante la llamada Guerra Cantonal, siendo el Palacio del Marqués de Casa-Tilly uno de los escasos 30 edificios que, según registros históricos, habían quedado intactos. Esta situación de extrema desolación, sumado al resurgimiento del sector minero local proporcionará una

renovación de la ciudad. El nuevo apogeo económico burgués atraerá a una nueva generación de arquitectos formados en Madrid y Barcelona, y con ellos las nuevas ideas

En 1890 el Palacio, tras varios años de encontrarse en estado de abandono, es adquirido por la Sociedad de Recreo Casino de Cartagena. Tras una serie de intervenciones menores, se encargará al arquitecto D. Víctor Beltrí una actuación de gran calado con el fin de adecuar el edificio histórico a su nueva función como Casino, según las corrientes arquitectónicas modernistas imperantes en aquella época, según (Pérez, 1986).

#### 4.2 Estudio del edificio

Antes de intervenir en un edificio histórico, conviene contar con un completo estudio previo del mismo, que permita disponer de un criterio adecuado a la hora de proponer soluciones que mejoren su comportamiento energético y que sean compatibles con la conservación de sus valores culturales. El inmueble en cuatro alturas que giran en torno a un patio central en planta baja que se torna cuerpo lucernario en planta primera antes de alcanzar la cubierta. Según (Chacón, 2007), el edificio se resuelve estructuralmente con un sistema tradicional de forjados unidireccionales de viguetas de madera y metálicas y bovedillas de revoltón de ladrillo apoyados en muros de carga de unos 50 cm. de espesor. Una cubierta plana transitable cubre mayoritariamente la última planta del edificio, salvo diversas estancias, que cuentan con una cubierta de placas de fibrocemento.

En este trabajo de investigación se ha calculado el comportamiento energético del Palacio del Marqués de Casa.Tilly mediante el software CE3X de la calificación de eficiencia energética para edificios existentes. Se obtiene un valor de emisiones de 98,41 kg. de CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> actuales, lo que equivale a una calificación F dentro de la escala A-G. El inmueble solo logra una calificación A en la categoría de emisión y demanda de calefacción, siendo este un resultado coherente, habida cuenta de que se encuentra emplazado en una ciudad costera donde no se alcanzan temperaturas muy bajas en invierno. Por tanto, se puede afirmar que el comportamiento energético del edificio es muy deficiente, debido a lo cual se proponen una serie de medidas de mejora de la eficiencia energética que sean compatibles con la protección y conservación del edificio, siendo este el objetivo principal del estudio.

Figura 1: Calificación energética actual del Palacio del Marqués de Casa-Tilly

| INDICADOR GLOBAL  |                     | INDICADORES PARCIALES   |  |   |  |
|---|---------------------|---|--|---|--|
|   | < 22.2 <b>A</b>     | CALEFACCIÓN   |  | ACS   |  |
|   | 22.2-36.1 <b>B</b>  | G   |  | G   |  |
|   | 36.1-55.5 <b>C</b>  | <i>Emisiones calefacción</i><br>[kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]   |  | <i>Emisiones ACS</i><br>[kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]         |  |
|   | 55.5-72.2 <b>D</b>  | 35.55   |  | 1.29  |  |
|   | 72.2-88.9 <b>E</b>  | REFRIGERACIÓN   |  | ILUMINACIÓN   |  |
|   | 88.9-111.1 <b>F</b> | F   |  | D   |  |
|   | ≥ 111.1 <b>G</b>    | 98.41 <b>F</b>  |  |   |  |
| <i>Emisiones globales</i> [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año] |                     | <i>Emisiones refrigeración</i><br>[kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año] |  | <i>Emisiones iluminación</i><br>[kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año] |  |
| 98.41   |                     | 26.61   |  | 35.0  |  |

#### 5. Medidas de mejora energética

En base a este estudio, se proponen diversas medidas de mejora con las que mejora los resultados obtenidos en la certificación de eficiencia energética. Estas propuestas se engloban dentro de los criterios de rehabilitación energética para la transformación eficiente de las instalaciones y las soluciones constructivas de inmuebles históricos.

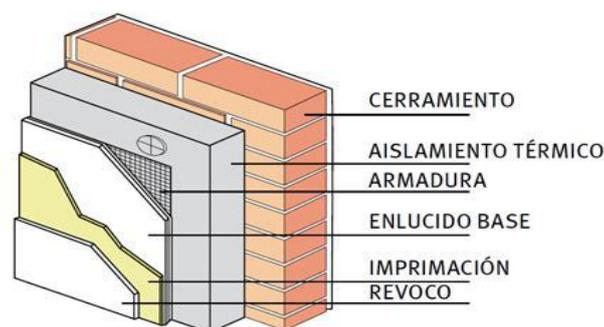
## 5.1 Medidas de mejora pasivas

Las medidas pasivas de eficiencia energética son aquellas que suponen una reducción en la demanda de energía de los edificios, actuando sobre la envolvente térmica de los mismos, y sobre la filtración y renovación del aire. Para evaluar los aportes y pérdidas de energía del inmueble es imprescindible conocer el contexto en el que se sitúa (localización, zona climática, orientación, edificios colindantes...).

Sistema SATE en fachada posterior. Como ya se ha mencionado anteriormente, la fachada posterior del edificio, orientada a la calle Bodegonos presenta una calidad arquitectónica y material muy inferior a la del resto del edificio. En conjunto con las carpinterías antiguas y en mal estado de conservación y la existencia de numerosos puentes térmicos, se concluye que el comportamiento térmico de esta fachada necesita ser mejorado. Sin embargo, la opción de desmontarla no se considera posible, debido a las restricciones legales de las leyes que protegen a los Bienes de Interés Cultural, así como a los criterios éticos de respeto y conservación del patrimonio histórico.

Como solución se propone reforzar este muro de fachada mediante el conocido como Sistema de Aislamiento Térmico Exterior (SATE), de modo que se mantenga un elemento con varios siglos de antigüedad y a la vez le permita actualizarse a las necesidades actuales de confort interior y eficiencia energética. Se trata de un sistema avalado por el Instituto para el Ahorro y la Diversificación de la Energía (IDAE, 2012), que consiste en revestir y aislar el exterior del muro mediante un sistema de aislamiento que se ajusta a la geometría del edificio. Se trata de un sistema estandarizado que mejora las prestaciones energéticas del edificio. Para ello permite escoger en cada una de las etapas entre diversas opciones en función de las características del inmueble, tales como el modo de fijación, el material aislante, las diferentes capas de acabados y una serie de accesorios complementarios. Un aspecto a destacar de este sistema en su aplicación a edificaciones históricas es que los materiales que lo integran son impermeable al agua y a la vez permeables al vapor de agua, manteniendo la superficie del muro y el soporte en condiciones higrotérmicas estables, y reduciendo los efectos perjudiciales de condensaciones y humedades, que son las principales causas de aparición de patologías en inmuebles.

**Figura 2: Diferentes capas que componen el Sistema de Aislamiento Térmico Exterior**



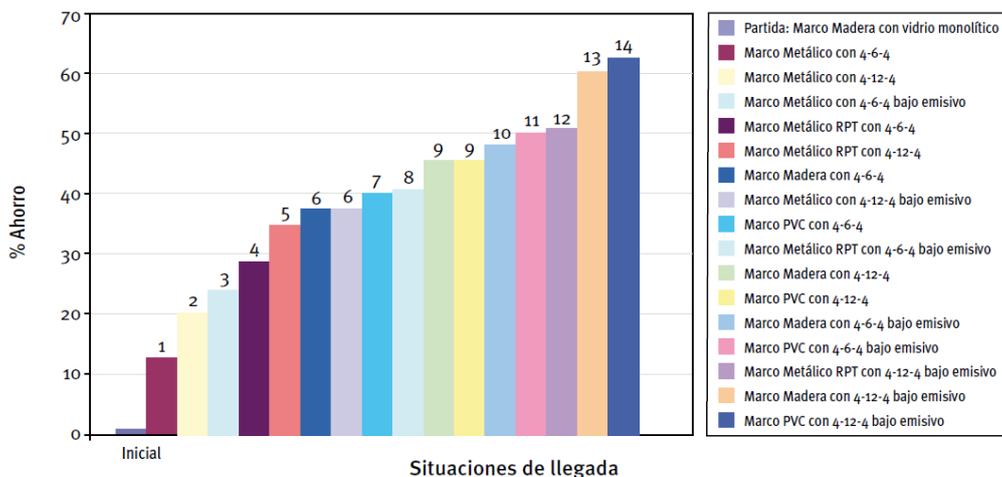
Sustitución de cubierta de fibrocemento. El Palacio del Marqués de Casa-Tilly presenta una buena parte de sus estancias en planta segunda cerradas superiormente mediante cubiertas de fibrocemento. Fue incorporado al edificio durante las intervenciones realizadas a mediados del siglo pasado para aumentar la superficie útil del inmueble. Pese a no tratarse de un asunto específico sobre eficiencia energética, la peligrosidad de este material, de las

fibras de amianto que lo compone, hace imprescindible su retirada en cualquier intervención integral que se realice sobre el edificio, siempre siguiendo los criterios de seguridad establecido en el Real Decreto 396/2206, de 31 de marzo. Una vez decidida su retirada, se debe plantear una nueva alternativa de cubierta plana, debiéndose de tener en cuenta la limitada capacidad portante del muro que debe sostener la cubierta. La solución elegida es una cubierta de panel sándwich sustentado por una armadura metálica ligera. Este panel se compone de dos perfiles metálicos y un núcleo aislante de poliuretano (PUR), con muy buen comportamiento térmico y frente al fuego, baja conductividad térmica y ligereza.

Cerramientos acristalados. La mayoría de los edificios históricos no disponen de un aislamiento térmico adecuado según las necesidades actuales. Sin embargo, la actuación más sencilla y eficiente que se puede realizar en una fachada, atendiendo a criterios de coste y mejora de propiedades, es la renovación de puertas y ventanas. Los huecos suelen considerarse un elemento débil en el aislamiento térmico de los edificios, ocasionando fugas de calor en invierno y aportes solares excesivos en verano, lo que requiere un aumento del gasto energético para mantener los niveles de confort requeridos. En el Palacio del Marqués de Casa-Tilly los acristalamientos de ventanas están compuestos por vidrios monolíticos en marcos de madera la mayor parte de ellos, y en marcos metálicos los huecos correspondientes a la planta entresuelo de la fachada posterior. A continuación se analizan las alternativas a estas dos soluciones actuales.

En primer lugar la carpintería de madera con vidrio monolítico, empleado en todas las construcciones históricas hasta llegar al siglo XX. El edificio del Palacio contiene algunos elementos originales que, por su valor cultural, deben ser respetados, como son los vidrios modernistas grabados al ácido o la fachada acristalada y revestida de madera de la fachada principal en la altura de planta baja. El resto de soluciones acristaladas se sustituirán, según datos de (IDAE 2008), por carpinterías de madera tratada con RPT (Rotura de Puente Térmico) de mejores prestaciones que las actuales y que pueden albergar vidrios de 4-12-4 mm. de espesor con baja emisividad. Una ventaja del sistema portante del edificio, basado en muros de carga, es que su gran espesor permite un aumento de la sección de los marcos sin que esto suponga un problema. Gracias a esta intervención se consigue mejorar el rendimiento del aislamiento térmico mientras se conserva el esquema compositivo y la percepción estética de los cerramientos de madera.

**Figura 3: Ahorros en acristalamientos partiendo de vidrio monolítico y marco de madera**



En cuanto a la carpintería metálica con vidrio monolítico, presente en el ala sur del edificio, que corresponde a un espacio alquilado como restaurante, se propondrá una solución que respete la naturaleza de los materiales. La solución actual son balconeras con hojas correderas de aluminio, con altos valores de conductividad, mecanismos de cierre de estanquidad defectuosa y bajos valores de aislamiento térmico en general que favorece la aparición de condensaciones y humedades. En este caso, la solución estaría compuesta por marcos metálicos con RPT y vidrios UVA de 4+12+4 mm. de espesor y baja emisividad.

## **5.2 Medidas de mejora activas**

En cuanto a las medidas activas de eficiencia energética, hacen referencia a aquellas acciones que inciden sobre las instalaciones de los edificios. El objetivo será reducir el consumo como consecuencia de un aumento del rendimiento medio estacional o mediante una disminución de la reducción de la demanda, y por tanto también del consumo.

Bomba de calor aerotérmica. La primera medida activa sería la sustitución de las obsoletas caldera e instalación de climatización actuales por una bomba de calor aerotérmica. La aerotermia es una de las fuentes de energía renovable y limpia menos conocida, en parte debido a ser una tecnología relativamente reciente y encontrarse en continuo desarrollo. Extrayendo energía del aire, recurso disponible en cualquier situación, la aerotermia permite calentar agua para alimentar sistemas de producción y generar Agua Caliente Sanitaria sin necesidad de extracción de humos, así como para refrigerar el interior de los inmuebles en los meses de verano. Su funcionamiento consiste en un intercambio de calor entre el sistema y el aire del entorno, similar a la geotermia aunque con la ventaja de no requerir excavaciones, aspecto de gran importancia en edificaciones históricas.

En cuanto al rendimiento, para un valor COP (siglas de Coefficient of Performance) habitual de 4, el consumo eléctrico sería igual al 25% de la potencia térmica utilizada por el usuario. En otras palabras, el sistema estaría aportando 3 veces más potencia calorífica que la energía que consume, mientras que el otro 75% del aporte calorífico no supone consumo eléctrico. Además, gracias al clima suave que tiene Cartagena, no es necesario añadir una resistencia de apoyo para condiciones exterior extremas, por lo que el rendimiento estacional en el caso del Palacio del Marqués de Casa-Tilly sería aún mejor.

Renovación a iluminación LED. La iluminación en el antiguo Palacio del Marqués de Casa-Tilly es un apartado de primera importancia, tanto por ser un elemento característico de la arquitectura modernista como por la ineficacia de las soluciones de lámparas y luminarias actuales del edificio. Esta iluminación se caracteriza por presentar un rendimiento energético muy deficiente, debido a poseer una instalación con más de un siglo que se ha ido manteniendo precariamente debido a la mala situación económica que la Sociedad del Casino lleva arrastrando desde mediados del siglo XX. Salvo en algunas estancias, reformadas entre los años 2005 y 2009, predomina una iluminación incandescentes en los principales espacios, y fluorescente de bajo rendimiento en estancias añadidas.

Aunque el edificio cuenta con importantes limitaciones a la hora de escoger medidas de rehabilitación energética por tratarse de un bien declarado Bien de Interés Cultural, la iluminación actual es tan deficiente que existe un margen de mejora importante. Uno de los parámetros que condiciona la elección de las lámparas es el tono de luz, relacionado con el concepto de temperatura del color. Cada una de las tres categorías posibles de dicho tono de luz, Cálido-Neutro-Frío, será más o menos adecuada en función del uso destinado a cada espacio que se quiera iluminar.

**Tabla 1. Características de las diferentes lámparas**

| Tipo de lámpara                     | T <sup>a</sup> de color (K) | Tono de luz          | Ra    | Lm/W   | Vida media (h) |
|-------------------------------------|-----------------------------|----------------------|-------|--------|----------------|
| Incandescente halógena baja tensión | 2700                        | Cálido               | 100   | 10-25  | 2000-3500      |
| Fluorescente lineal de 26 mm.       | 2700-6500                   | Cálido, Neutro, Frío | 70-98 | 65-96  | 8000-16000     |
| Fluorescente lineal de 16 mm.       | 2700-5000                   | Cálido, Neutro, Frío | 85    | 80-105 | 8000-16000     |
| Fluorescente compacta               | 2700-4000                   | Cálido, Neutro, Frío | 85-98 | 60-85  | 8000-12000     |
| Vapor de mercurio                   | 4000-6500                   | Cálido, Neutro, Frío | 50-60 | 30-60  | 12000-16000    |
| Halogenuros metálicos               | 4800-6500                   | Cálido, Neutro, Frío | 65-85 | 70-91  | 6000-10000     |
| Sodio a alta presión                | 2000-2500                   | Cálido               | 20-80 | 50-150 | 10000-25000    |
| Inducción                           | 2700-4000                   | Cálido, Neutro, Frío | >80   | 80-150 | 60000-90000    |
| LED                                 | 2700-6500                   | Cálido, Neutro, Frío | >80   | 10-150 | >50000         |

Tal y como se puede apreciar, la tecnología que más posibilidades ofrece es la correspondiente a lámparas LED. Disponen de valores tan diversos en sus principales características que se adapta a la perfección a un edificio tan complejo como es el Palacio del Marqués de Casa-Tilly, con su gran variedad de estancias con diferentes usos, tipologías constructivas, estado de conservación y necesidades de iluminación. Las lámparas LED permiten una iluminación cálida, neutra o fría en función de las necesidades debido a su gran variedad de temperaturas que pueden adoptar y el rendimiento cromático actualmente supera el 90%. Además, el rendimiento alcanza los 150 lm/W y la vida media de las lámparas LED supera las 50.000 horas. Por tanto, gracias a su durabilidad y al ahorro energético y económico que aportan, la importante inversión inicial que se requiere se amortiza a partir del cuarto año, neutralizando así el gran inconveniente que presentan.

## 6. Resultados

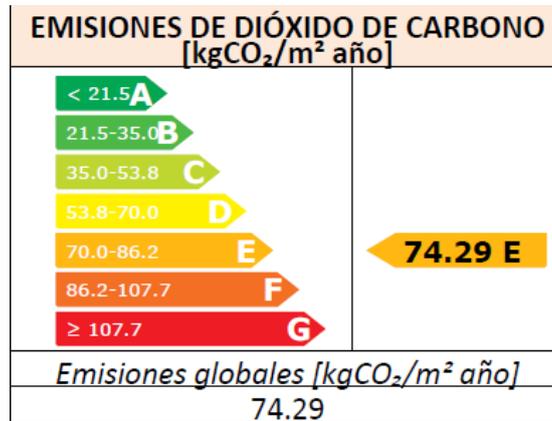
El software CE3X permite definir medidas de mejora del comportamiento energético del inmueble y conjuntos con estas medidas, que son de obligada inclusión en todo certificado de eficiencia energética. Califica cada medida con la etiqueta energética correspondiente para cada uno de los valores desglosados. A continuación se muestran los resultados que el programa arroja para cada una de las medidas que se han propuesto.

La primera de las medidas pasivas, la instalación del SATE en la fachada posterior consigue una mejora de la calificación de "E" a "F", consiguiendo una disminución de las emisiones de 98,41 a 87,9 kg. de CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>. Por su parte, la sustitución de la cubierta fibrocemento mantiene la calificación "F" y sólo reduce las emisiones a 96,5 kg. de CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>, aunque ya se ha dicho que esta intervención se justifica en el gran peligro del amianto para la salud. En cuanto a la

renovación de los acristalamientos que no supongan un menoscabo de los valores culturales del edificio, se consigue una calificación “E” y unas emisiones de 86,1 kg. de CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>. Si combinamos este paquete de medidas pasivas, la combinación de las tres acciones supone que el edificio emita 74,29 kg. de CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> por año, y se califique con una categoría “E”.

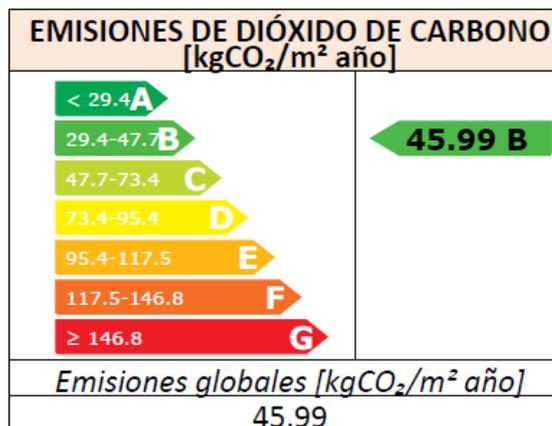
Pese a que estas medidas suponen una mejora del comportamiento energético mucho menor que el paquete de medidas activas, se consideran necesarias por motivos diferentes a la eficiencia energética, como son los problemas para la salud de las personas del fibrocemento o la falta de estanqueidad de la fachada posterior y las carpinterías actuales, y el riesgo de aparición de humedad y otras patologías en el interior del edificio.

Figura 4: Calificación energética de las medidas pasivas mediante el software CE3X



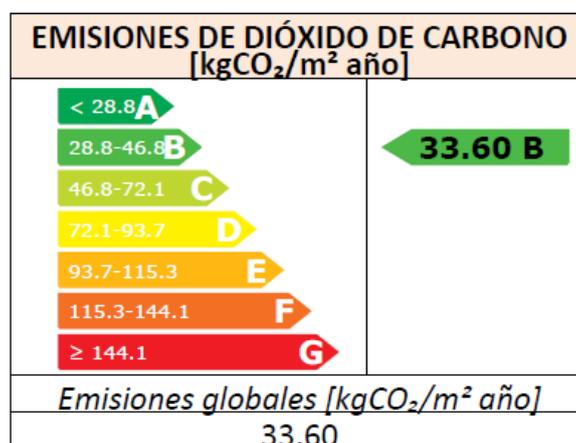
Las medidas activas de mejora de la eficiencia energética tienen un peso significativo en la mejora del comportamiento energético del edificio. La primera de ellas, la instalación de la bomba de calor aerotérmica para climatización y producción de Agua Saliente Sanitaria mejora la calificación hasta una “E” y la implantación de lámparas LED, la intervención de mayor peso, disminuye las emisiones a 61,0 kg. de CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>, consiguiendo una calificación de “C” en la eficiencia energética del inmueble. Si se combina la repercusión de las dos medidas anteriores, se obtiene una calificación “B”, correspondiente a una bajada de las emisiones a 46,0 kg. de CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> anuales.

Figura 5: Calificación energética de las medidas activas mediante el software CE3X



Si valoramos la mejora en la eficiencia energética de todas las propuestas conjuntamente, es decir, el refuerzo de la fachada posterior, la sustitución de la cubierta de fibrocemento por un nuevo sistema que no sea perjudicial para la salud, la renovación de los cerramientos acristalados, la instalación de la bomba de calor aerotérmica y el nuevo sistema de iluminación con tecnología LED, se obtiene el comportamiento energético que el edificio del Palacio Casa-Tilly presentaría de acuerdo con lo planteado en este trabajo. El resultado es una mejora de la calificación de "F" a "B", y una disminución de las emisiones desde los 98,41 kg. de CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> iniciales hasta lograr un valor de 33,6 kg. de CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> anuales. Se trata de un magnífico resultado, que actualiza a un edificio histórico como éste a las exigencias económicas y medioambientales del siglo XXI.

**Figura 6: Calificación energética del edificio tras aplicar las medidas de mejora**



## 7. Conclusiones

El aumento de las intervenciones de conservación, restauración y mantenimiento de edificios en detrimento de las obras de nueva planta genera un amplio campo de aplicación de conceptos como eficiencia y ahorro energético sobre inmuebles existentes, y en especial sobre edificación histórica. Servirse de diseños inteligentes y materiales y sistemas constructivos energéticamente eficientes y emplearlos para alcanzar el máximo rendimiento y confort con el mínimo consumo de recursos posible parece la dirección más adecuada para desarrollar el futuro de la arquitectura en esta época de revolución tecnológica en la que nos encontramos.

Por otro lado, las leyes españolas actuales sobre eficiencia energética excluyen de su ámbito de aplicación a una serie de construcciones, como los edificios con algún tipo de grado de protección. Por tanto, para alcanzar estos objetivos de rehabilitación y mejora energética es necesaria el establecimiento de una normativa a este respecto, y especialmente de unos organismos públicos que aseguren su correcto cumplimiento.

Tal y como se ha explicado, no se encuentran motivos suficientes que justifiquen la pérdida de las ventajas que la mejora de la eficiencia energética puede aportar a edificios históricos, como es el Palacio del Marqués de Casa-Tilly, en Cartagena. Para ello se han realizado una serie de propuestas de modificaciones en el edificio que buscan mejorar la calificación energética que esperamos sean tenidas en cuenta en futuras intervenciones sobre este

singular y representativo edificio de Cartagena. Por último, este trabajo defiende la investigación y la transferencia de conocimiento sobre las prestaciones energéticas de los edificios con valor histórico mediante la inclusión de este tipo de edificios dentro del grupo de inmuebles para los que la normativa sobre eficiencia energética, como el R.D. 235/2013, es de obligado cumplimiento.

## 8. Referencias

Cegarra Beltrí, G. (2005). *Adelante siempre. Arquitecto Víctor Beltrí y Roqueta (Tortosa 1862- Cartagena 1935)*. Murcia: Colegio de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Murcia.

Chacón Bulnes, J.M. (2007). *Casino de Cartagena. La restauración arquitectónica*, (pp. 751-758). Murcia: Consejería de Cultura y Turismo de Murcia.

Instituto para el Ahorro y la Diversificación de la Energía (2012). *Guía IDAE: Sistemas de aislamiento Térmico exterior (SATE) para la rehabilitación de la envolvente térmica de los edificios*. Madrid: Gobierno de España.

Instituto para el Ahorro y la Diversificación de la Energía (2008). *Guía Técnica para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios 5: Soluciones de Acristalamiento y Cerramiento Acristalado*. Madrid: Gobierno de España.

Maestre de San Juan Escolar, C. (2012) *El Casino de Cartagena y antiguo Palacio del Marqués de Casa-Tilly. Análisis histórico-constructivo y de patologías*. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena.

Maestre de San Juan Escolar, C. (2015) *Rehabilitación energética de edificios históricos. Análisis y propuestas de actuación en el antiguo Palacio del Marqués de Casa.Tilly, en Cartagena*. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena.

Pérez Rojas, F.J. (1986). *Cartagena 1874-1936. Transformación urbana y arquitectura*. Cartagena: Ayuntamiento de Cartagena.

Tornel Cobacho, C. (1996). *Manual de historia de Cartagena*. Cartagena: Ayuntamiento de Cartagena.