

AVALIAÇÃO DE CUSTOS DE MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS PATRIMONIAIS

A. J. Prieto¹
ajprieto2201@gmail.com

J. M. Macías-Bernal²
jmmacias@us.es

F. J. Alejandro³
falejan@us.es

A. Silva⁴
anasilva931@msn.com

M. J. Chávez⁵
mjchavez@us.es

ÁREA: (2.6 GESTÃO, FINANCIAMENTO E CUSTOS)

Resumo

Nas últimas décadas, não têm sido adoptados protocolos de manutenção adequados à conservação e reabilitação do património cultural. Em Espanha, a manutenção destes edifícios tem, regra geral, uma natureza reactiva, sendo condicionada por critérios subjectivos e, em especial, pela existência de fundos disponíveis para a realização das acções de reabilitação. Assim sendo, é fundamental que os gestores do património construído possuam informação relevante que auxilie a tomada de decisão relativamente à prioridade de intervenção e às acções preventivas a realizar nos edifícios patrimoniais. Assim sendo, existem cada vez mais estudos relacionados com a definição de estratégias de manutenção adequadas, que permitam melhorar o estado de conservação do património cultural, com especial foco na optimização dos custos de manutenção empregues durante o ciclo de vida destes edifícios. Este trabalho procura identificar os factores que condicionaram a decisão de intervir num conjunto de edifícios patrimoniais localizados no sul da Espanha. São analisadas as acções de manutenção realizadas num conjunto de 20 igrejas paroquiais e os respectivos custos de manutenção, durante um período de 11 anos (entre 2005 e 2015). Neste estudo, é avaliada a eficácia das acções realizadas, identificando os pontos fortes e fracos das várias intervenções e estratégias adoptadas, ao longo do período de tempo analisado. Os resultados obtidos revelam que as acções de natureza reactiva devem ser minimizadas, de forma a reduzir os custos de manutenção. O conhecimento adquirido com as estratégias adoptadas no passado, permite fornecer informação relevante para o planeamento adequado de futuras estratégias de manutenção. A formatação do artigo deverá seguir estas instruções que podem ser usadas como modelo. Solicita-se que sejam respeitadas o mais possível.

Palavras-chave: Custos de manutenção

Património

Gestão

¹ PhD. Instituto de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

² PhD. Departamento de Construcciones Arquitectónicas II, Universidad de Sevilla, Sevilla, España.

³ PhD. Departamento de Construcciones Arquitectónicas II, Universidad de Sevilla, Sevilla, España.

⁴ PhD. CERIS-ICIST, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal.

⁵ PhD. Departamento de Matemática Aplicada I, Universidad de Sevilla, Sevilla, España.

EVALUACIÓN DE LOS COSTES DE MANTENIMIENTO Y RESTAURACIÓN DE EDIFICIOS PATRIMONIALES

A. J. Prieto⁴
ajprieto2201@gmail.com

J. M. Macías-Bernal⁵
jmmacias@us.es

F. J. Alejandro⁶
falejan@us.es

A. Silva⁴
anasilva931@msn.com

M. J. Chávez⁵
mjchavez@us.es

AREA: (2.6 GESTIÓN, FINANCIACIÓN Y COSTES)

Resumen

En las últimas décadas, no se han adoptado protocolos de mantenimiento adecuados para la conservación y rehabilitación del patrimonio cultural. En España, el mantenimiento de estos edificios tiene, comúnmente, una naturaleza reactiva, estando condicionada por criterios subjetivos y por la existencia de fondos disponibles para la realización de las acciones de rehabilitación. Por tanto, es fundamental que los gestores del patrimonio construido tengan información relevante que ayude a tomar decisiones sobre la prioridad de intervención y las acciones preventivas a realizar en edificios patrimoniales. Existen cada vez más estudios relacionados con la definición de estrategias de mantenimiento adecuadas, que permitan mejorar el estado de conservación del patrimonio construido, con especial foco en la optimización de costos de mantenimiento empleados durante el ciclo de vida de estos edificios. Este trabajo identifica los factores que condicionan la decisión de intervenir en un conjunto de edificios patrimoniales, localizados en el sur de España. Se analizan las acciones de mantenimiento realizadas en un conjunto de 20 iglesias parroquiales y sus costes durante un período de 11 años (entre 2005 y 2015). En este estudio se evalúa la eficacia de las acciones realizadas, identificando los puntos fuertes y débiles de las intervenciones y estrategias adoptadas a lo largo del período de tiempo analizado. Los resultados obtenidos demuestran que las acciones de naturaleza reactiva deben ser minimizadas, para reducir los costes de mantenimiento. El conocimiento adquirido con las estrategias adoptadas en el pasado permite proporcionar información relevante para la planificación adecuada de futuras estrategias de mantenimiento.

Palabras clave: Costos de mantenimiento
Patrimonio
Gestión

⁴ PhD. Instituto de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

⁵ PhD. Departamento de Construcciones Arquitectónicas II, Universidad de Sevilla, Sevilla, España.

⁶ PhD. Departamento de Construcciones Arquitectónicas II, Universidad de Sevilla, Sevilla, España.

⁴ PhD. CERIS-ICIST, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal.

⁵ PhD. Departamento de Matemática Aplicada I, Universidad de Sevilla, Sevilla, España.



PATORREB 2018

**6ª CONFERÊNCIA SOBRE PATOLOGIA
E REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS**

**6º CONGRESO DE PATOLOGÍA
Y REHABILITACIÓN DE EDIFICIOS**

04 - 06 Abril

**POLI/UFRJ – Cidade Universitária – CEP 21941-909
email: patoreb2018@poli.ufrj.br**

Introducción

La gestión del mantenimiento es una actividad cada vez más importante en el sector de la construcción (Shohet y Perelstein, 2005). Debido principalmente a que los recursos financieros para el mantenimiento de edificios e infraestructuras son cada vez más limitados, lo que está provocando una creciente necesidad de encontrar nuevas formas, más efectivas y eficientes, para gestionar los recursos destinados a este tipo de actividades de rehabilitación, renovación y modernización de las construcciones existentes, con una especial atención a las edificaciones patrimoniales. Además, hay que añadir que los edificios son sistemas complejos compuestos por varios elementos, que se ensamblan para responder a una serie de necesidades funcionales y de acuerdo con un conjunto de requisitos legales y ambientales, con el fin de dar respuesta a las demandas de los usuarios (Silva et al., 2016).

Las actividades de mantenimiento en edificios con características histórico-patrimoniales se generan por medio de una combinación de acciones técnicas y administrativas, destinadas a garantizar que los distintos elementos del edificio se encuentren en condiciones aceptables para realizar las funciones para los que fueron diseñados (Au-Yong et al., 2013). Para implementar este tipo de tareas de mantenimiento de carácter preventivo en edificios históricos, es necesaria una adecuada gestión del deterioro de los materiales y componentes del inmueble.

De manera que se pretende promover el mantenimiento planificado el cuál predetermina tareas bien organizadas y realizadas con cierta anticipación. Las acciones de mantenimiento preventivo permiten reducir o en cualquier caso evitan daños a los componentes o elementos de la construcción. Por otro lado, cabe señalar que las actividades de mantenimiento no planificado se llevan a cabo en casos de situaciones de emergencia, sin ninguna planificación predeterminada, estas acciones se realizan después de que se ha detectado el daño. Por lo que por norma general incurre en situaciones de altos costos llevando a cabo importantes trabajos de reparación. De manera que estas acciones de mantenimiento no planificado deberían de minimizarse para lograr una situación óptima en cuanto a los gastos de mantenimiento que se generan en los inmuebles.

Como consecuencia, habría que añadir la gran variedad de opciones que existen para la adecuada gestión estratégica de las edificaciones, ya que se pueden considerar cantidad de decisiones alternativas para mantener un edificio en condiciones funcionales adecuadas. Por consiguiente, el estudio de las estrategias de mantenimiento es necesario para controlar el rendimiento o funcionalidad del edificio y su costo en particular.

Objetivos

En este trabajo, se han analizado acciones de mantenimiento e intervenciones de restauración llevadas a cabo en un conjunto de 20 templos parroquiales, así como, se han examinado los datos de costes económicos durante un período de 11 años (entre 2005 y 2015). En este estudio se evalúa la eficacia de las acciones realizadas, identificando los puntos fuertes y débiles de las intervenciones y las estrategias adoptadas a lo largo del período de tiempo analizado. Los resultados obtenidos demuestran que las intervenciones llevadas a cabo por una falta de mantenimiento planeado deben ser minimizadas con el fin de reducir las grandes inversiones económicas destinadas a la preservación de este tipo de construcciones patrimoniales a lo largo del tiempo. El mantenimiento programado llevado a cabo en intervalos de tiempo bien definidos y predeterminados tienen como fin garantizar

el buen estado de conservación de los edificios, así como reducir las probabilidades de deterioro futuro.

Principales características de los casos de estudio seleccionados

Este estudio se basa en 20 edificios patrimoniales ubicados en la provincia de Sevilla, sur de España (Fig. 1), que corresponden a un área de aproximadamente 14.000 km². El área geográfica se extiende desde zonas muy próximas al Océano Atlántico (suroeste de España) hasta el Parque Natural de la Sierra Norte. El clima se identifica como mediterráneo cálido con una temperatura promedio anual de 18.5 °C, los inviernos suelen ser leves, mientras que los veranos presentan altas temperaturas superiores en ocasiones a los 39-40 °C. La mayoría de las construcciones patrimoniales analizadas se edificaron entre los siglos XIV y XVI, incluyendo algunas construcciones erigidas entre los siglos XVII-XVIII, en estilo barroco. Incluso algunos de los casos de estudio analizados corresponden a templos parroquiales edificados en el siglo XX. A pesar de la variedad de estilos arquitectónicos, las parroquias analizadas tienen características constructivas, culturales, políticas y regulatorias homogéneas. Sin embargo, la cronología y las características estilísticas de la mayoría de los edificios gótico-mudéjar de la región tienen características que son exclusivas de este tipo de construcción (Prieto et al., 2016). Las iglesias gótico-mudéjar de la provincia de Sevilla se caracterizan morfológicamente por este dualismo estilístico: una bóveda de ábside gótico y un cuerpo de tres naves con techo de madera de origen morisco, paredes de ladrillos que se completan con pilares cuadrangulares y en algunos casos, octogonales con molduras de ladrillo en relieve como decoración. Los cimientos están realizados en bases continuas de ladrillo o piedras. Los templos parroquiales analizados muestran que los materiales utilizados en los sistemas constructivos por lo general son muy homogéneos (cerámico, piedra y madera). Sin embargo, es posible encontrar otros tipos de materiales como hormigón o metal debido a las últimas intervenciones llevadas a cabo en los siglos XX y XXI.



Figura 1: Imágenes de los edificios patrimoniales analizados.

Modelo de vida útil funcional de edificios patrimoniales (*FBSL*_{2.0})

La vida útil funcional puede considerarse como la capacidad de un edificio para realizar la función para la que fue diseñado, estando directamente relacionada con las expectativas y demandas de los propietarios; Davies y Szigeti (1999) refieren que la obsolescencia funcional de los edificios se produce cuando no se puede continuar cumpliendo con las exigencias de los usuarios o propietarios.

En este trabajo, se evalúa la pérdida o ganancia de funcionalidad de las construcciones patrimoniales, relacionadas con las acciones de renovación y mantenimiento a lo largo del tiempo. Debido a los grados de incertidumbre asociados a los procesos de degradación en los materiales de construcción de los edificios, se han utilizado los principios de lógica difusa establecidos por Zadeh (1965). Este modelo basado en la teoría de los conjuntos difusos identifica un total de 17 parámetros de entrada: vulnerabilidad (v_1 : Situación geológica, v_2 : Diseño de cubierta, v_3 : Condiciones del entorno, v_4 : Sistema constructivo, v_5 : Estado de conservación); Riesgos estático-estructurales (r_6 : Modificación del estado de cargas, r_7 : Sobrecargas de uso, r_8 : Ventilación, r_9 : Instalaciones, r_{10} : Fuego, r_{11} : Medio ambiente interior; Riesgos atmosféricos (r_{12} : Precipitaciones, r_{13} : Temperatura); y Riesgos antrópicos (r_{14} : Crecimiento de población, r_{15} : Valor patrimonial, r_{16} : Valor mueble, r_{17} : Ocupación). El output del modelo es un índice de funcionalidad que varía desde 93.0 puntos para edificios posicionados en óptimas condiciones de vulnerabilidad y riesgo hasta los 9.0 puntos para edificios en las peores casuísticas posibles. Además este índice es establecido como un criterio para la planificación del mantenimiento, revelando que para edificios con índices inferiores a 34 puntos el sistema no garantiza su funcionalidad en aceptables condiciones, recomendando una actuación de mantenimiento en un corto período de tiempo.

El modelo ha sido recientemente normalizado y está en cumplimiento con las especificaciones establecidas por la normativa ISO 31000: 2009 de gestión del riesgo, estándar de cumplimiento recomendado por el Plan Nacional de Conservación Preventiva (PNCP) del Instituto de Patrimonio Cultural de España (IPCE) (Prieto et al., 2016), además ha sido mejorado con una nueva versión denominada Fuzzy Buildings Service Life extended (*FBSL*_{2.0}) (Prieto et al., 2017). El modelo está implementado en el software Xfuzzy3.0, el cuál ha sido desarrollado por el Instituto de Microelectrónica de Sevilla (IMSE) y el Centro Nacional de Microelectrónica (CNM) de España. Para la definición de un sistema de inferencia difusa se utilizan principalmente las siguientes cuatro etapas:

Fuzzificación

El proceso de defuzzificación comprende la transformación de valores nítidos en grados de pertenencia para términos lingüísticos de conjuntos difusos. Las variables de entrada se pueden traducir a términos lingüísticos, como “muy bueno”, “bueno”, “regular”, “malo”, “muy malo”.

Estructura jerárquica y base de conocimiento

El corazón de un sistema difuso es la base de conocimiento compuesta por dos componentes: la estructura jerárquica entre variables y la base de reglas de razonamiento. Este paso es la parte principal de un sistema experto difuso que combina los hechos derivados del proceso de fuzzificación con la base de reglas generada previamente y llevada a cabo en el proceso de modelado. La metodología usa reglas difusas del tipo “si-

entonces” para asignar un mapa de entradas y salidas basadas en reglas de composición difusa. La base de conocimiento es una colección de reglas de control difuso, que comprende etiquetas lingüísticas, que representan el conocimiento experto del sistema controlado.

Defuzzificación

Este sistema se ha desarrollado utilizando una estimación probabilística en la etapa de fuzzificación, traduciendo etiquetas lingüísticas que describen la evaluación en la que los factores de entrada están representados por las funciones de pertenencia. Con la etapa de defuzzificación se obtiene la salida del sistema: vida útil funcional de los edificios. Finalmente, la etapa de defuzzificación se usa para obtener un valor nítido (“crisp”) que representa la información difusa producida por las fases de inferencia de la metodología.

Resultados y Discusión

Evaluación de costes económicos en la vida útil funcional de edificios

El continuo desarrollo de la industria de la construcción, ha provocado un aumento en la demanda de la calidad en el mantenimiento de los edificios. Uno de los principales problemas de cualquier programa de mantenimiento es la disponibilidad y fiabilidad de las herramientas de ingeniería utilizadas para predecir el ciclo de vida y los patrones de deterioro de los componentes de construcción (Freymuth, 2001).

En este trabajo, se ha analizado un total de 20 casos de estudio, teniendo en cuenta los ingresos económicos orientados a actuaciones de mantenimiento y conservación de los inmuebles, así como la influencia de estos en los niveles de funcionalidad ($FBSL_{2,0}$) en un período de tiempo de 11 años (2005-2011). Para ello se ha podido comprobar que a medida que los ingresos son más altos, la funcionalidad de los edificios tiende a aumentar considerablemente. Sin embargo, a medida que los ingresos son bajos los niveles de funcionalidad se mantienen estables, ni empeoran, ni mejoran. Finalmente, en situaciones en las que no existen inversiones económicas, los edificios comienzan a degradarse progresivamente en el tiempo, por lo que su vida útil funcional tiende a disminuir, en lo que finalmente desembocará en una costosa intervención de restauración. Este estudio permite observar la influencia que ejercen las actuaciones de mantenimiento preventivo o las intervenciones de restauración sobre la vida útil funcional de edificios patrimoniales en un contexto y situación específica.

Durante el análisis de datos se ha comprobado que en la serie histórica analizada no se percibe con claridad la afección de la crisis económica en las inversiones destinadas a actuaciones de mantenimiento y restauración en los edificios patrimoniales considerados. Los años con una inversión menor tiene que ver con el año 2005 (previo a la crisis económica de 2008), que presenta un gasto de 65.768,33€ y los años 2009 y 2010 con una inversión considerable entorno a los 173.601,66 € y 177.904,36€ respectivamente. Cabe señalar que los datos económicos que se muestran son públicos a través de la página web de la propiedad. En la Tabla 1 se muestran los datos económicos de los años 2005, 2012, 2015 y el acumulado de gasto total en el período entre 2005-2015.

Posteriormente se ha podido comprobar otra situación. Tras el análisis pormenorizado de cada uno de los casos de estudio, por un lado, se han podido recuperar la información de las superficies en m² de los 20 templos parroquiales, en total 14.881 m². Por otro lado, considerando el gasto total en (€) de cada uno de los inmuebles en el período de 11 años

(2005-2015) se ha obtenido un gasto total en el conjunto de edificios entorno a los 2.469.819,62 € Finalmente, con estos datos se ha obtenido un promedio aproximado de gasto de unos 15 €/m² por edificio y año.

Tabla 1: Gastos económicos por edificio durante los años 2005, 2012, 2015 y el gasto total acumulado en el período de tiempo entre 2005-2015.

ID	Parroquia	Localidad	2005	2012	2015	Gasto total acumulado entre 2005-2015
CT-DVS	Divino Salvador	Castilleja de la cuesta	239,68	4.282,02	5.540,06	78.132,98
GN-NSB	Ntra. Sra. de Belen	Gines	1.500,01	633,58	900,00	34.991,99
TM-NSB	Ntra. Sra. de Belen	Tomares	0,00	0,00	5.560,12	54.069,06
CM-NSG	Ntra. Sra. de Gracia	Camas	4.746,11	13.777,66	18.697,36	233.429,48
CM-NSU	Ntra. Sra. de Guía	Camas	3.279,91	0,00	6.472,45	22.288,05
BR-NSE	Ntra. Sra. de la Encarnación	Bormujos	0,00	24.532,60	18.424,49	135.083,29
VC-NSS	Ntra. Sra. de la Estrella	Valencina de la Concepción	20.413,04	275.568,53	2.018,85	440.652,25
CM-NSF	Ntra. Sra. de la Fuente	Camas	849,91	5.418,94	1.280,00	59.484,30
BR-NSL	Ntra. Sra. de Lourdes y San Juan de Dios	Bormujos	0,00	268,89	46.881,32	80.355,10
CZ-SBE	San Benito y Santo Domingo de Guzmán	Castilleja de Guzmán	3.364,91	3.345,43	1.548,74	50.072,20
BM-SMT	San Martin de Tours	Bollullos de la Mitación	0,00	41.833,84	46.374,28	135.008,05
CT-STG	Santiago y la Purísima Concepcion	Castilleja de la Cuesta	5.397,76	2.967,44	5.549,05	50.482,82
AC-NSC	Ntra. Sra. de Consolación	Aznalcóllar	3.335,20	5.779,66	5.697,86	157.859,92
UM-NSC	Ntra. Sra. de Consolación	Umbrete	0,00	3.238,25	5.418,37	246.209,43
AB-NSA	Ntra. Sra. de la Asunción	Albaida del Aljarafe	0,00	173,40	1.366,75	68.158,65
EP-NSA	Ntra. Sra. de la Asunción	Espartinas	4.013,43	3.793,36	3.701,95	109.341,57
SL-NSO	Ntra. Sra. de la Oliva	Salteras	0,00	14.150,67	10.284,31	211.917,29
OV-NMN	Santa Maria de las Nieves	Olivares	14.599,18	7.888,31	26.095,91	131.301,27
VA-NMN	Santa Maria de las Nieves	Villanueva del Ariscal	1.521,24	5.393,45	5.482,61	97.196,64
SM-SMM	Santa Maria la Mayor	Sanlúcar la mayor	2.507,95	5.228,58	12.290,38	73.785,28

Vulnerabilidades y riesgos externos en templos parroquiales

Analizando los casos de estudio y en base a la experiencia de profesionales expertos directamente relacionados con las edificaciones analizadas se han podido realizar las siguientes aportaciones:

- En cuanto a los factores externos que influyen directamente sobre el estado de conservación de un edificio patrimonial. *Se puede considerar su ubicación dentro del entorno urbano, debido a que los edificios con un acceso más difícil y situado en una malla urbana muy estrecha presentará situaciones más complejas y además añadiendo un elevado número de medianeras entre construcciones colindantes tiene un mayor riesgo de degradación, que un edificio completamente exento o aislado (Experto #1).* Esta situación se ha podido comprobar en los casos de estudio (GN-NSB) Ntra. Sra. de Belén de Gines, (TM-NSB) Ntra. Sra. de Belén de Tomares y (EP-NSA) Ntra. Sra. de la Asunción de Espartinas, como edificios insertados dentro del entramado urbano de la localidad.

- Por otro lado, considerar los descensos o incrementos de población. *De manera que templos parroquiales ubicados en localidades con un mayor número de población (Camas, Bormujos, Tomares) tienden a presentar mejor estado de conservación, que construcciones ubicadas en localidades con menor población (Albaida del Aljarafe, Castilleja de Guzmán, Bollullos de la Mitación), a pesar de ello siempre puede existir alguna excepción de localidades con población muy baja pero que sin embargo reciba puntualmente algún tipo de ayuda económica externa (Experto #2).* Este escenario queda confirmado por medio de una publicación que realiza la Archidiócesis de Sevilla en el año 2017 donde afirman que son los fieles quienes realizan las principales aportaciones para financiar a la entidad. Destacando que en el último balance económico (2016) de la Archidiócesis de Sevilla el 32.71% de los ingresos consolidados proceden de las aportaciones voluntarias de la feligresía.

- Como factor externo también se puede considerar la afección de la climatología del lugar (precipitaciones por lluvia, variaciones de temperatura). *Por su puesto también es otro factor determinante en la degradación de las construcciones. Sin embargo y debido a que los casos de estudio se encuentran muy próximos unos de otros, no ha sido posible identificar con claridad, qué edificios presentan mejores o peores condiciones de estado de conservación o funcionalidad con relación a las afecciones que presenta la climatología de la región (Experto #3).*

Caso de estudio. Ntra. Sra. de la Estrella, Valencina de la Concepción.

A modo de caso de estudio específico y para mostrar la influencia de las inversiones económicas en el nivel de funcionalidad de los edificios patrimoniales, se ha seleccionado el Templo Parroquial de Nuestra Señora de la Estrella de la localidad de Valencina de la Concepción (Figura 2), ya que es el caso de estudio que presenta una mayor inversión económica, alrededor de 440.652,25 € en todo el período de tiempo analizado (2005-2015).



Figure 2: Parroquia Ntra. Sra. de la Estrella de Valencina de la Concepción antes de la intervención integral de cubierta en 2006, durante la intervención en 2012 y posterior a la intervención en 2016.

En cuanto a las principales características constructivas del edificio, destacar que es una construcción del siglo XVII y de estilo arquitectónico principalmente barroco. El templo parroquial presenta una sola nave, formando los brazos del crucero con dos capillas, una cubierta con bóveda de cañón y la otra con una falsa cúpula. El edificio se comunica al exterior mediante dos portadas abiertas en sus muros laterales.

Teniendo en cuenta las últimas intervenciones llevadas a cabo en el inmueble destacar dos: una en 2010 donde se realiza una nueva iluminación, la rehabilitación del Coro de la parroquia y el blanqueamiento de los cerramientos verticales; y otra realizada posteriormente entre los meses de julio y agosto de 2012 que tiene que ver con una obra de restauración integral, en la que se sustituyó la cubierta debido a las malas condiciones en que se encontraba el elemento constructivo (Figura 2).

A continuación, en la Figura 3 se muestra la evolución de los costes económicos, actuaciones de mantenimiento y restauración, en la vida útil funcional de la Parroquia de Ntra. Sra. de la Estrella de Valencina de la Concepción en el período de tiempo analizado (11 años). Se puede apreciar claramente el evento de 2012 donde se lleva a cabo la sustitución integral de la cubierta del inmueble con un gasto de 276.000€, lo que además genera un aumento de su nivel funcional en tan solo un año de 23.65 pts., aumentando de 56.06 pts. a 79.71 pts. de funcionalidad. A partir de 2012, su vida útil funcional se mantiene prácticamente estable debido a las pequeñas aportaciones económicas que sin embargo ayudan a promover el mantenimiento preventivo del inmueble a lo largo del tiempo.

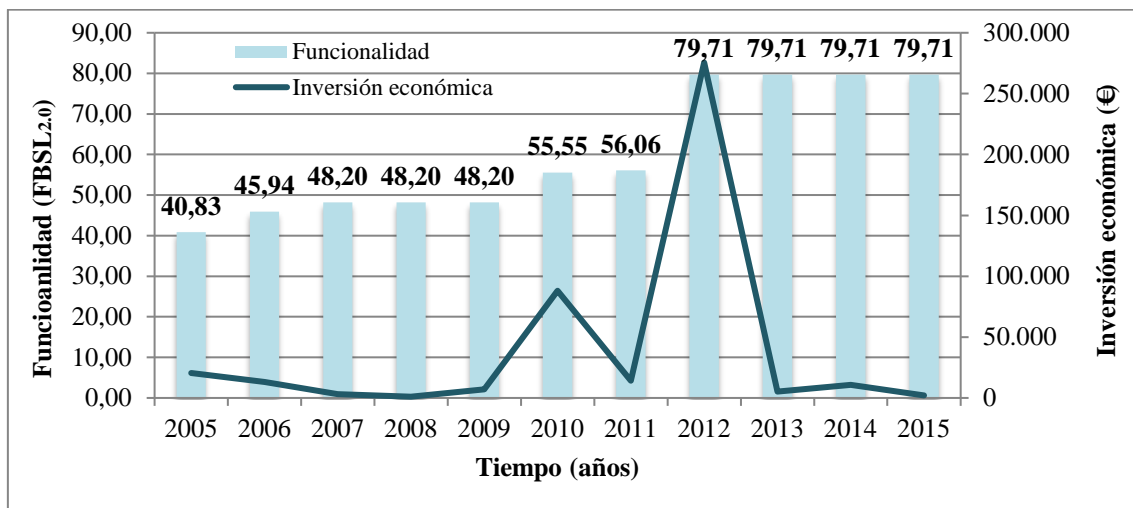


Figure 3: Relación entre el nivel de Funcionalidad ($FBSL_{2.0}$), y gastos económicos de mantenimiento y restauración (€) a lo largo del tiempo.

Esto trabajo que analiza a lo largo del tiempo los gastos económicos destinados a mantenimiento y restauraciones en edificios patrimoniales y su influencia en el rendimiento de las construcciones ayudan a estimar el momento óptimo de actuación sobre la edificación. Para identificar el elemento constructivo exacto en el que se debería de actuar habría que llevar a cabo un análisis bastante más pormenorizado de cada uno de los casos de estudio. El estudio de los intervalos de tiempo en los que se realizan acciones de mantenimiento es de gran importancia, debido a que la falta de tareas de mantenimiento puede provocar daños adicionales a los componentes constructivos del edificio. Por tanto, resulta de gran relevancia identificar e implementar un intervalo de mantenimiento adecuado para mejorar la efectividad de las actividades de mantenimiento programadas. A esto hay que añadir que a pesar de ello el mantenimiento programado en ocasiones no puede evitar el riesgo de deterioro o degradación de la construcción, ya que estos fenómenos responden a procesos inevitables, con un alto nivel de incertidumbre asociada.

Conclusiones

La sostenibilidad de edificios es un problema importante en la actualidad, que atrae la atención de investigadores, así como las iniciativas de la Comisión Europea. Este trabajo realiza una aportación en los procesos de toma de decisiones que promuevan un desarrollo más sostenible y una gestión más eficiente de los recursos económicos disponibles. De acuerdo con los principios de renovación sostenible, el mantenimiento preventivo no solo reduce el consumo de energía, sino que también mejora las condiciones de rendimiento de los propios inmuebles. Este estudio ha ayudado a establecer un gasto promedio aproximado en €/m² por edificio y año, el cual puede ser determinante a la hora de decidir el techo de gasto destinado a actuaciones de mantenimiento en edificios patrimoniales de similares características constructivas. Además, que la medición llevada a cabo del rendimiento de los edificios y su coste económico asociado es una evaluación que ayuda a identificar las fortalezas y debilidades de las actividades de mantenimiento. En consecuencia, estos análisis ayudan en la planificación y en la toma de decisiones de futuras estrategias de mantenimiento. Se ha podido comprobar que la selección de las tareas de mantenimiento está determinada más por el efectivo disponible que por un análisis comprensivo y racional. En cuanto a posibles futuros trabajos, este análisis puede ser ampliado a un mayor conjunto de construcciones donde se puedan analizar las inversiones económicas de cada uno de los inmuebles, así como las causas que las han generado.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo de CERIST-ICIST, IST, Universidade de Lisboa, FCT (Foundation for Science and Technology). Este trabajo ha sido apoyado por un proyecto RETOS del Ministerio de Economía y Competitividad (España) y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER), (code: BIA2015-64878-R (MINECO/FEDER, UE)).

Bibliografía

- (1) SHOHET, I. M.; PERELSTEIN, E. Decision support model for the allocation of resources in rehabilitation projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2004, 130(2), 249-257.
- (2) SILVA, A.; DE BRITO, J.; GASPAR, P. L. Methodologies for service life prediction of buildings: With a focus on façade claddings. Springer, 2016.
- (3) AU-YONG, C. P.; ALI, A. S.; AHMAD, F. Office building maintenance: Cost prediction model, 2013.
- (4) PRIETO, A. J.; MACIAS-BERNAL, J. M.; CHÁVEZ, M.-J.; ALEJANDRE, F. J. Expert system for predicting buildings service life under ISO 31000 standard. Application in architectural heritage. *Journal of Cultural Heritage*, 2016, 18, 209–218.
- (5) DAVIS, G.; SZIGETI, F. Are Facilities Measuring Up? Matching Building Capabilities to Functional Needs? *Durability of Building Materials and Components* (MA Lacasse and DJ. Vanier, eds), Vancouver, Canada, 1999, 1856-66.
- (6) ZADEH, L. Fuzzy sets. *Information and Control*, 1965, 8(3), 338–353.
- (7) PRIETO, A. J.; MACIAS-BERNAL, J. M.; CHÁVEZ, M.-J.; ALEJANDRE, F. J. Fuzzy modelling of the functional service life of architectural heritage buildings. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 2017, 31, 04017041.
- (8) FREYMUTH, C. L. Life cycle cost analysis for large segmental bridges. *Concrete International*, 2001, 23(2), 89–95.