

Artículo original / RICS COBRA 2013.

“APLICACIÓN DE UN MODELO DE PREDIMENSIONADO DE COSTES DE CONSTRUCCIÓN A LA VALORACIÓN DE IGLESIAS AFECTADAS POR LOS TERREMOTOS DE LORCA (España)”

RESUMEN El objetivo de la presente ponencia consiste básicamente en desarrollar un modelo de cálculo rápido y preciso, para evaluar los costes de reconstrucción de la Ciudad de Lorca, y en concreto de los edificios que integran el Patrimonio Histórico de la Iglesia Católica afectados por los tres terremotos del 11 de Mayo 2011. La estimación del coste “inicial” total de construcción a nuevo, se calcula aplicando un modelo de cálculo a partir de parámetros métricos bidimensionales exteriores, y mediante parámetros cúbicos tridimensionales interiores. En base al cálculo total del coste de construcción a nuevo de los edificios analizados, y a la vista de los daños que le ha producido la acción sísmica, se estima el coste “final” de reconstrucción de las unidades de obra arruinadas por el terremoto. El modelo de cálculo propuesto, también será de aplicación en otros escenarios y situaciones de emergencia, para la estimación rápida de los costes de las obras precisas de reconstrucción de los daños producidos sobre edificios del Patrimonio Histórico, afectados por acciones sísmicas u otras acciones similares, que deterioren o arruinen su configuración estructural y/o constructiva.

Palabras clave: coste, edificio, estimación, iglesias, modelo.

ABSTRACT:

The objective of this paper is the development of a *building cost estimation model* whose purpose is to quickly and precisely evaluate rebuilding costs for historic heritage buildings affected by catastrophic events. Specifically, this study will be applied to the monumental buildings owned by the Catholic Church that were affected by three earthquakes on May 11, 2011 in the town of Lorca. To estimate the initial total replacement cost new, a calculation model will be applied that, on the one hand, will use two-dimensional external metric parameters and, on the other, three-dimensional interior cubic parameters. Based on the total replacement cost new of the analyzed buildings, and considering damage caused by the seismic event, the final reconstruction cost for the building units ruined by the earthquakes can be estimated. The proposed calculation model can also be applied to other emergency scenarios and situations for the quick estimation of construction costs necessary for rebuilding historic heritage buildings which have been affected by catastrophic events that deteriorate or ruin their structural or constructive configuration.

Keywords: building, churches, cost, estimation, model.

(1) INTRODUCCIÓN/ANTECEDENTES: LOS TERREMOTOS DE LORCA DEL 11 DE MAYO DEL 2011

El municipio de Lorca está considerado como una de las zonas de mayor actividad sísmica de España, siendo la falla de Alhama de Murcia el principal accidente al que se consideran asociados la mayor parte de los fenómenos sísmicos registrados.

Con fecha de 11 de mayo se produjeron en Lorca tres movimientos sísmicos y numerosas pequeñas replicas, el primero a las 15:05 horas de grado Mw 4,5 (intensidad grado VI), el segundo a las 16:47 horas con grado Mw 5,1 (intensidad grado VII). Las consecuencias de este segundo terremoto fueron de enorme transcendencia, aparentemente debido a la cercanía y poca profundidad del epicentro y la alta intensidad del mismo, a pesar de su corta duración, de aproximadamente 5 segundos, y el tercero se produjo a las 22:37 horas y fue de 3,90 grados Mw (intensidad grado IV). (Roldan y otros, 2012)

El epicentro de los terremotos se origino a 2 km al Noroeste del centro urbano de Lorca. Los gravísimos daños que se produjeron en las edificaciones afectaron sustancialmente al parque de viviendas de Lorca, así como a gran cantidad de edificios e instalaciones comerciales, oficinas e instalaciones agropecuarias. También el terremoto provocó enormes daños en el patrimonio histórico de la ciudad.



Figura 1- Iglesia de Santiago (Lorca)

Fuente: Plan director para la recuperación del Patrimonio histórico de Lorca (Murcia)

Ante la gravedad de los hechos, el día siguiente de los terremotos, la ministra de Cultura de España, acompañada de otras autoridades realizó una visita a la ciudad para comprobar “in situ” la magnitud de la catástrofe. (García y otros, 2013)

El día 13 de Mayo se publicó el Real Decreto-Ley 6/2011 por el que se adoptan las primeras medidas para coordinar las ayudas e indemnizaciones a los damnificados.

En concreto se planificaron las siguientes medidas:

Ayudas por daños personales.

Ayudas por alquiler de viviendas y reposición de enseres.

Ayudas para la rehabilitación y reconstrucción de viviendas.

Indemnizaciones por daños en instalaciones agropecuarias.

Beneficios fiscales.

Beneficios de trabajo y Seguros Sociales.

También se prevé en el Decreto la formación de una comisión mixta participadas por las tres Administraciones y una Comisión Interministerial con el objeto de controlar y dar seguimiento al desarrollo de lo establecido en el Decreto.

La Comunidad Autónoma de la Región de Murcia publicó también los Decretos 68/2011, de 16 de Mayo y 92/2011, de 20 de Mayo, para regular asimismo las ayudas a los damnificados.

Ante los dramáticos acontecimientos descritos, se considera de vital importancia para la programación de las inversiones precisas, la cuantificación económica de los daños producidos por los tres efectos sísmicos del día 11/05/2011 tratando la presente ponencia sobre la valoración de los daños que los terremotos produjeron sobre el Patrimonio Histórico de la Iglesia Católica y ello mediante la aplicación práctica del modelo **Pcr.5n** de Predimensionado costes de referencia, con **5** niveles de cálculo, implementando la estimación de las valoraciones de las Iglesias, en el nivel **.3** de estimación de costes, que básicamente consiste en considerar el edificio a valorar compuesto por los tres elementos Vitruvianos : (1) Belleza (parámetro superficial

exterior), (2) Utilidad (parámetro volumétrico interior) y (3) Firmeza (huella superficial del edificio):

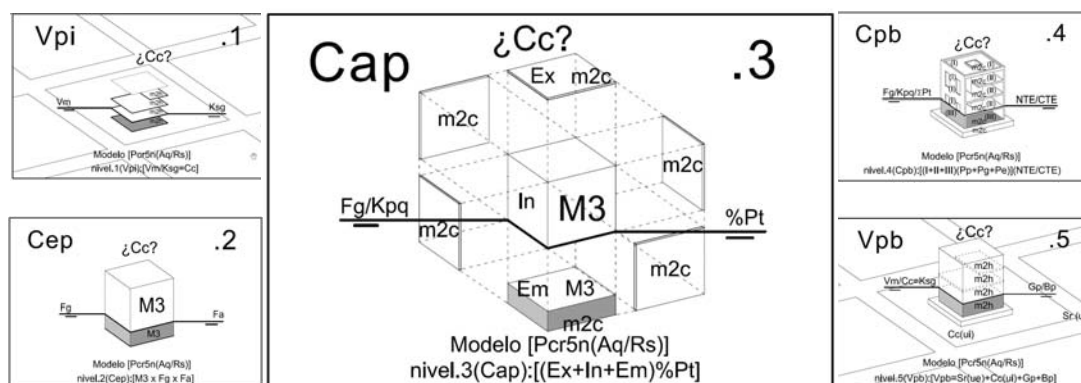


Figura 2 – Fuente: elaboración propia.

(2) OBJETIVOS PREVISTOS E HIPÓTESIS FORMULADAS

La valoración inicial de los daños producidos sobre el Patrimonio Histórico de Lorca por los tres terremotos del día 11 de Mayo 2011, según el Plan Director para la Recuperación del Patrimonio Cultural de Lorca (Ministerio de Cultura de España), se estimaron en 51.287.076,96 Euros. (VVAA, 2011)

Ante la ausencia actual de procedimientos rápidos y precisos, para la estimación con carácter de “urgencia” de los costes de reconstrucción de los edificios Históricos dañados por terremotos, el objetivo de la presente ponencia consiste básicamente en la aplicación práctica de un modelo de cálculo rápido y razonablemente preciso, para evaluar los costes de reconstrucción del Patrimonio Histórico de la Ciudad de Lorca, y en concreto de las Iglesias afectadas por los terremotos antes mencionados.

El cálculo econométrico para la estimación del coste de construcción a nuevo de las Iglesias, se realiza con precios de mercado, chequeados con la base de datos actualizada de la publicación, “ Banco de costos en obras de Arquitectura y Urbanismo” (Declarada de interés profesional por el Consejo Superior de las Colegios de Arquitectos de España) (Pina, 1989 y 2004) , como anteriormente se ha adelantado con la metodología y el modelo contenido en la Tesis Doctoral en fase de prelectura “Desarrollo de un modelo de predimensionado de costes de construcción en el proyecto arquitectónico” (Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas en la Escuela de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid). (Pina, 2013)

Se parte del cálculo total del coste de la construcción a nuevo de la Iglesia, para posteriormente a la vista de los daños que le ha producido la acción sísmica, en cada una de sus partes , y sistemas constructivos, se estima el coste de reconstrucción de las unidades de obra dañadas y/o arruinadas por el terremoto.

La estimación del coste “inicial” total se calcula mediante parámetros métricos “bidimensionales” exteriores, y mediante parámetros cúbicos “tridimensionales” interiores.

Se consideran parámetros bidimensionales, la superficie del sistema constructivo de las envolventes de cubierta/fachada, y los metros cuadrados de la huella en planta de la Iglesia sobre el terreno.

Los parámetros tridimensionales, son los volúmenes según los usos funcionales, de los espacios internos de la Iglesia.

La estimación de los costes “sintéticos” bidimensionales y tridimensionales, se realiza mediante el método tradicional “analítico” de presupuestación de obras, sumatorio de las mediciones de todas las unidades de obra, multiplicadas por sus costes unitarios de reconstrucción.

A partir de estos cálculos analíticos se obtienen los costes sintéticos por m² (envolventes) y por m³ (espacio interior), que posibilitan calcular de forma rápida y con una razonable precisión, los costes de reconstrucción de las Iglesias de Lorca afectadas por los tres terremotos del 11 de Mayo 2011.

El modelo de cálculo propuesto, también será de aplicación en otros escenarios y situaciones de emergencia para la estimación de los costes de las obras precisas para la construcción a nuevo de los daños producidos por acciones sísmicas o fenómenos similares, que deterioren o arruinen la configuración estructural y/o constructiva del Patrimonio Histórico Religioso.

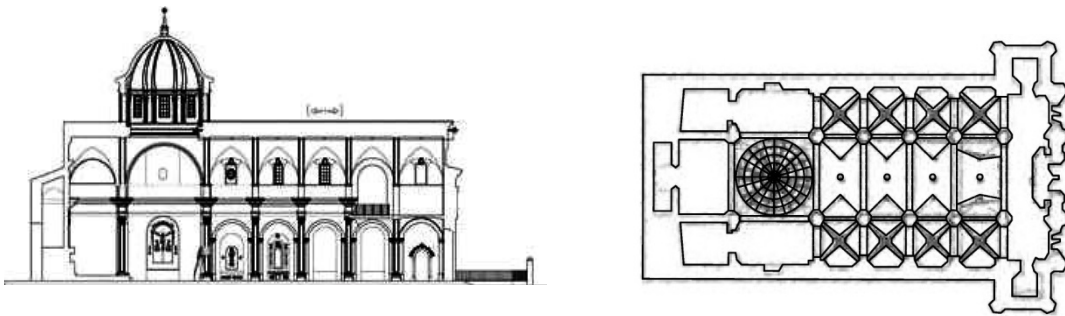


Figura 3 - Iglesia de Santiago (Lorca)
Fuente: Patrimonio Cultural de España (nº6/2012)

(3) METODOLOGIA APLICADA

La metodología desarrollada para la implementación práctica del modelo de predimensionado Pcr.5n a la valoración de los costes de reconstrucción de las Iglesias de Lorca (España), afectadas por los terremotos del día 11 de mayo del año 2011, se ha estructurado según las tres siguientes fases (Ramírez, 2012):

1º FASE: Análisis de las publicaciones científicas, y artículos de carácter técnico, editados sobre los daños producidos por la acción sísmica sobre el Patrimonio Histórico de Lorca, en su configuración estructural y/o constructiva.

Las Iglesias afectadas representan un 46 % sobre el total de las Iglesias existentes en el Casco Histórico de Lorca. (11 Iglesias dañadas sobre las 24 Iglesias existentes)

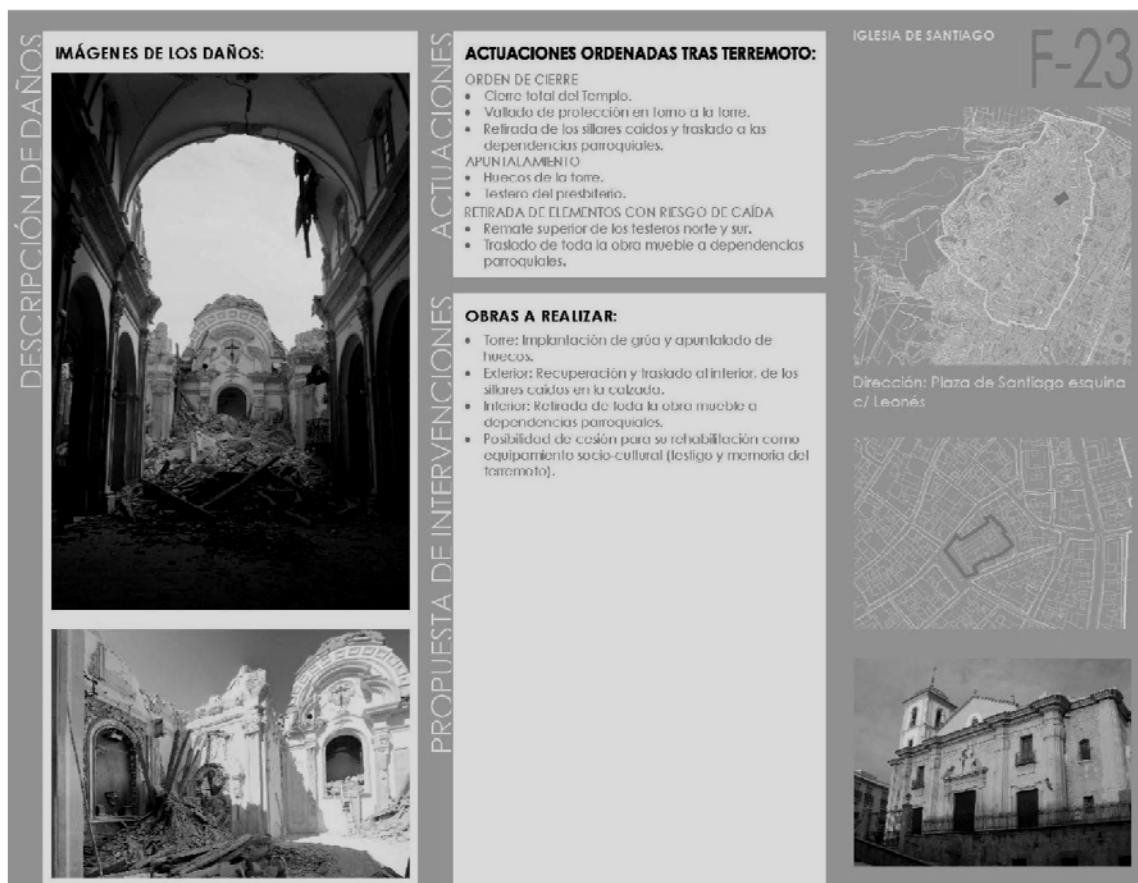


Figura 4 - Iglesia de Santiago: imágenes de los daños

Fuente: Plan Director para la Recuperación del Patrimonio Cultural de Lorca (Murcia)

2º FASE: La fuente básica para la obtención de los datos técnicos de afección, y su evaluación, ha sido el “Plan Director para la Recuperación del Patrimonio Cultural de Lorca” (2011), redactado por la Dirección General de Bellas Artes y Bienes Culturales del Ministerio de Cultura de España.(Ver figura 4)

La evaluación económica “de la reconstrucción” de las patologías producidas por los terremotos sobre las estructuras y sistemas constructivos de las Iglesias, se han obtenido de la publicación “Patrimonio Cultural de España (nº 6/2012), y en concreto del cuadro general de inversiones -figura 13- contenido en el artículo nominado “Terremoto en Lorca: consecuencias y actuaciones sobre el Patrimonio Religioso” (Hoz de la, 2012), cuadro elaborado por el Arquitecto redactor de los proyectos de “reconstrucción” de los daños ocasionados por los terremotos , sobre las Iglesias propiedad del Obispado de Cartagena, diócesis a la que pertenece la ciudad de Lorca.

Los cálculos económicos “totales” de los costes de construcción a nuevo y los costes de reconstrucción de las patologías producidas por los terremotos, se han efectuado sobre una muestra representativa del 55 % de las Iglesias afectadas por las acciones sísmicas.(6 Iglesias testigos/muestras, sobre el total de las 11 Iglesias dañadas por los terremotos).

Para estos cálculos detallados y pormenorizados, se ha utilizado el método de cálculo ANALITICO de presupuestación por capítulos de obra, siendo dicho coste la cantidad resultante del producto de las mediciones de todas las partidas que conforman la obra (x,y,z / ud.m2.M3), por sus costes de mercado en Euros/ud, Euros/m2, y Euros/M3, costes reales de partidas de obra obtenidos a través de empresas constructoras

especializadas en restauración monumental. Estos costes de mercado, han sido chequeados y contrastados con los costes contenidos en el “Banco de costos en obras de Arquitectura y Urbanismo: banco temático RESTAURACIÓN” (Pina, 1989), costes estadísticamente actualizados al año 2012, y ello con motivo de la presente ponencia, Banco de costos que en breve será publicado en formato papel y en formato digital.

Este proceso metodológico garantiza que tanto los valores resultantes del cálculo total de “construcción a nuevo”, como los costes de “reconstrucción de patologías” ocasionadas por los terremotos del 11/05/2011, son valores concordantes con los costes “reales” de mercado.

Tanto para el cálculo ANALITICO, como para el predimensionado de costes, se ha empleado como herramienta de apoyo, el programa/hoja de cálculo Excel, estimando porcentualmente como anteriormente ha quedado expuesto, los costes de la construcción total de la Iglesia (100 %), y los costes de reconstrucción sectorial de la parte de la Iglesia dañada por los terremotos (¿ ? %), y todo ello mediante parámetros superficiales (metros cuadrados construidos) y parámetros volumétricos (metros cúbicos edificados).

A partir de los cálculos analíticos efectuados para obtener estos parámetros “superficiales” y “volumétricos” del conjunto total de la obra, se calcula los costes de la reconstrucción parcial/porcentual de las patologías producidas por las acción sísmica, y ello mediante el sumatorio fruto de la selección de los datos económico/porcentuales que representan el “peso” de cada partida de obra dentro de la totalidad de la obra, y según que la partida de obra esté o no afectada por el terremoto, se le va incorporando o no, dicho % a la columna de la cuenta/sumatorio correspondiente a los costes porcentuales de reconstrucción de los daños y afecciones de la Iglesia.

3º FASE: Por último, en base al porcentaje/sumatorio anteriormente calculado, se aplica sobre el total (100%), del coste correspondiente a la construcción integral de la Iglesia, calculado mediante el producto de su superficie construida y de su volumen edificado, por los costes por m²c y por M³e.

**SINTESIS APLICACIÓN PRACTICA “CONCEPTUAL” A LA IGLESIA DE SANTIAGO (LORCA)
(Primera aproximación al cálculo estimativo coste de reconstrucción)**

Total % de afección según sumatorio estimaciones analíticas: **37,42 %**

Total presupuesto de contrata “construcción a nuevo”:

m²c x €/m²c = 1.272 m²c x 4.801 €/m²c = 6.106.872 Euros

M³e x €/M³e = 15.357 M³e x 398 €/M³e = 6.112.086 Euros

Valoración coste de “reconstrucción” de obras afectadas/dañadas por los terremotos:

Vc de reconstrucción = % afección x coste a nuevo = 37,42 % sobre valor medio de m²c y M³e =

= 0,3742 x 6.109.479 Euros = **2.286.167 Euros coste estimado reconstrucción de daños/afecciones.**

Fuente: elaboración propia

(4) ANALISIS DE DATOS Y DISCUSIÓN

La Iglesia que se ha utilizado como muestra/tipo para el desarrollo de la aplicación del modelo de predimensionado de costes Pcr.5n (nivel .3), ha sido la Iglesia de Santiago, afectada por los terremotos un 37,42% sobre la totalidad de la obra, según se ha estimado en el cálculo analítico que a continuación se detalla y explica mediante tablas numéricas.

La tabla 1, contiene las inversiones aprobadas para las obras de reconstrucción de las Iglesias afectadas por los terremotos (con impuesto valor añadido y sin impuesto valor añadido: IVA), también se referencia la repercusión en euros/metro cuadrado construido (€/m2c) y en euros/metro cubico edificado (€/M3e), respecto a sus superficies totales construida (m2c) y sus metros cúbicos totales edificados (M3e). En la tabla 1, se aprecia que la Iglesia de Santiago, ha supuesto unos costes de reconstrucción de 2.144.068 Euros.

Tabla 1: Inversiones aprobadas para la reconstrucción de las Iglesias de Lorca afectadas por los terremotos del 11 Mayo de 2011, en Euros con/sin IVA (18%), €/m2c y €/M3e

IGLESIAS	Orden de cierre	Costes de reconstrucción Euros con IVA	Costes de reconstrucción Euros sin IVA	Total m2c	Total M3e	Costes de reconstrucción en €/ m2c	Costes de reconstrucción en €/ M3e
1.-Iglesia de Nª Sª del Carmen	SI	755.000	639.831	1.263	14.585	507	44
2.-Iglesia de San Jose	PARCIAL	810.000	686.441	460	4.140	1.492	166
3.-Iglesia de San Mateo	SI	915.000	775.424	1.656	21.166	468	37
4.-Iglesia de San Patricio	SI	2.960.000	2.508.475	2.770	44.320	906	57
5.-Iglesia de Santiago	SI	2.530.000	2.144.068	1.272	15.357	1.686	140
6.-Iglesia MM Mercedarias	NO	1.036.000	877.966	628	7.536	1.398	117
7.-Iglesia de Clarisas	SI	502.786	426.090	175	1.925	2.435	221
8.-Iglesia de Cristo Rey	SI	1.207.000	1.022.881	530	5.300	1.930	193
9.-Iglesia de San Cristóbal	SI	233.000	197.458	1.097	10.970	180	18
10.-Iglesia de San Diego	SI	735.000	622.881	673	8.076	926	77
11.-Iglesia Virgen de las Huertas	SI	1.375.000	1.165.254	995	11.940	1.171	98

Fuente: Hoz de la , Juan de Dios (2012) y elaboracion propia

La tabla 2, contiene los costes de construccion a nuevo de las Iglesias que se han analizado pormenorizadamente, calculando sus costes a nuevo en Euros por metro cuadrado construido (parametro superficial) y en Euros por metro cubico edificado (parametro volumetrico) , en concreto la Iglesia de Santiago sobre un total de coste de obra nueva de 6.107.232 Euros, sus parametros superficiales y volumetricos son 4.801 €/m2c y 398€/M3e.

Tambien la tabla 2, contiene los costes de reconstruccion de daños que son un 37,42% (calculado analiticamente según tabla 3- Excel), que aplicado sobre el total de obra nueva , nos da una **segunda aproximación** al coste de reconstrucción de los daños ocasionados por los terremotos de 2.285.326 Euros (37,42 % sobre el total a nuevo de 6.107.233€).

La desviacion “error” positivo estimado para la Iglesia de Santiago es del +6,59%, siendo la desviacion media de la muestra de +8,67%.

Tabla 2 : Presupuestos totales de costes de construcción a nuevo (IVA no incluido) de las Iglesias de Lorca afectadas por los terremotos del 11/05/2011. Predimensionado de costes , y desviaciones porcentuales respecto a inversiones aprobadas para la reconstrucción de daños.

	IGLESIAS	TOTAL COSTES CONSTRUCCIÓN A NUEVO			COSTES DE RECONSTRUCCIÓN DE DAÑOS			
		Coste total de construcción a nuevo	Coste a nuevo en €/m2c (parámetro superficial)	Coste a nuevo en €/M3e (parámetro volumétrico)	% porcentaje reconstrucción de daños	Predimensionado costes de reconstrucción de daños en Euros	Inversiones aprobadas de reconstrucción (Tabla 1)	% porcentaje de desviación "error"
1	Iglesia de Nª Sª del Carmen	6.394.569	5.063	438	11,12	711.076	639.831	11,14
2	Iglesia de San Mateo	8.052.456	4.863	380	10,31	830.208	775.424	7,07
3	Iglesia de San Patricio	33.677.660	12.158	760	8,12	2.734.626	2.508.475	9,02
4	Iglesia de Santiago	6.107.232	4.801	398	37,42	2.285.326	2.144.068	6,59
5	Iglesia de Clarisas	563.889	3.222	293	80,45	453.649	426.090	6,47
6	Iglesia Virgen de las Huertas	3.412.712	3.430	286	38,16	1.302.291	1.165.254	11,76
							porcentaje de desviación media en % :	8,67

Fuente:elaboración propia

La tabla 3, contiene en síntesis, la implementación analítica para el cálculo previo de los costes de construcción total a nuevo de la Iglesia de Santiago y la estimación analítica del porcentaje de obra dañada, calculado mediante sumatorio de la columna derecha de la hoja Excel, obteniéndose como resultado un 37,42%, según el siguiente procedimiento de cálculo:

-Si la partida (1.1) correspondiente a cimentación de la nave, resulta ser el 5,8 % sobre el total del coste de la obra, pero no ha quedado dañada por el terremoto, pues no se le aplicaría ningún porcentaje a la columna del sumatorio correspondiente al porcentaje.

-Si la partida (2.1) relativa a la cubierta de la cúpula de la Iglesia, representa el 0,2 % sobre el total del coste de la obra y ha quedado afectada en la totalidad de su superficie, pues se le asigna a la columna del sumatorio de los porcentajes de reconstrucción el total del porcentaje, es decir 0,2 %.

-Si la partida (4.2) correspondiente a los acabados horizontales del techo de la nave lateral, está dañada la mitad de su superficie, pues al ser el total a nuevo, un 1,2 %, se le aplicaría a la columna correspondiente a la reconstrucción un 0,6 %.

-Y así sucesivamente, para con todas las partidas de obra afectadas en mayor o menor grado por las acciones sísmicas, obteniendo un sumatorio total porcentual de las obras que precisan reconstruirse, que en el caso concreto de la Iglesia de Santiago, sería del 37,42 % sobre el total de las obras de construcción integral a nuevo.

Tabla 3: - Cálculos analíticos Excel / Iglesia de Santiago (Lorca).

Chapter 1	Structural system (supporting structural work)								2.489.221 €	49	11,40
1.1	m2	foundations and excavations ship	1	66,00	22,00	1012,00	1012,00	290,00 €	293.480 €	5,8	0
1.2	m2	foundations and excavations tower	2	5,00	6,70	72,80	72,80	348,00 €	25.314 €	0,5	0
Chapter 2	Surround system (works fine outside)								934.589 €	18	5,75
2.1	m2	Surround nonstructural surface ship deck (aluminum impermeable stained-tiles)	1	71,89		71,89	71,89	151,00 €	11.157 €	0,2	0,2
		side nave	2	35,00	1,60	522,00					
4.2	m2	horizontal ceiling finishes (with scaffolds) (including sealings and paints)	1	73,89		73,89	73,89	128,00 €	9.458 €	0,2	0,2
		side nave	8	67,02		536,17	536,17	116,00 €	62.195 €	1,2	0,6
		central nave	4	67,02		268,08					
			2	67,02		134,04					
		Cost of hiring per m2 built (1.272 m2c)						1.272	4.801 €	m2c	
		Cost of contract by M3 built(15.357 M3e)						15.357	398 €	M3e	
										%	% Rc
Chapter1	Structural system (supporting structural work) excavation, foundation and structure								2.489.221 €	49	11,40
Chapter2	Surround system (works fine outside) roof and facade								934.589 €	18	5,75
Chapter3	COMPARTMENTALISATION SYSTEM (interior) factories and carpentry								162.283 €	3	1,62
Chapter4	FINISHING SYSTEMS (interior) coatings and paints								1.110.719 €	22	13,35
Chapter5	SYSTEM INSTALLATIONS (conditioning) facilities								199.134 €	4	3,60
Chapter6	SAFETY / CONTROL AND WASTE security, control and waste treatment								195.838 €	4	1,50
	SUM COST PERFORMANCE MATERIAL more GG + BI								5.089.360 €	100	37,42
	Total budget contracted (NO IVA)								6.187.232 €	120	2.285.326

Fuente:elaboración propia

La tabla 4, contiene el predimensionado total de coste a nuevo, calculado simplemente con tres mediciones de obra: (1) superficie envolvente “**exterior**” (2) volumen edificado “**interior**” y (3) superficie “**huella**” del edificio sobre el terreno. También contiene la tabla 4, la previsión porcentual de cada subcapítulo de los “tres” capítulos anteriormente enunciados, para asignarles los porcentajes de daños correspondientes a cada uno de ellos: $[(6\%+31\%+no)= 37\%]$.

Por último, para fijar el predimensionado del coste de la reconstrucción de la Iglesia, bastaría con calcular el 37% del total estimado de obra nueva, es decir $0,37 \times 6.115.255 \text{ €} = 2.262.644 \text{ €uros}$ que representa un 5,53% de desviación respecto a la inversión aprobada que es de 2.144.068 (Véase tabla 1 y tabla 2)

TABLA 4 : COSTE A NUEVO (nivel .3 del modelo Pcr.5n). % porcentajes obra nueva/ obra reconstruida. Predimensionado coste de reconstrucción Iglesia de Santiago (Lorca).

(I) CALCULO DEL PRESUPUESTO TOTAL de construcción a nuevo:			
Capítulo 1	EXTERIOR (parametro metrico <u>bidimensional</u> exterior)	4.135 m ² x	287 €/m ² = 1.186.745 €
Capítulo 2	INTERIOR (parametro cubico <u>tridimensional</u> interior)	15.357 M ³ x	295 €/M ³ = 4.530.315 €
Capítulo 3	EMPOTRADO (parametro <u>bidimensional</u> huella edificio)	1.085 m ² x	367 €/m ² = 389.195 €
SUMA TOTAL CONSTRUCCIÓN A NUEVO =			6.115.255 €

(II) CALCULO PORCENTAJES POR CAPITULOS DE OBRA Iglesias Tipo 2 - Categoría notable/Buena - Intervalos de predimensionado costes a nuevo en €/m²c y €/M³e: [4.800 / 5.100 €/m²c] y [385 /410 €/M³e] (Altura media=12,50 metros)	COSTES CONSTRUCCIÓN A NUEVO		COSTES RECONSTRUCCIÓN DE DAÑOS	
	Descripción: Iglesia construida con muros de mampostería categoría notable / BUENA a cara vista en toda su composición, excepto fachada principal de cantería concertada ligeramente moldurada, y cubrición con bóvedas tabicadas revestidas	% porcentaje sistema constructivo	% porcentaje capitulo	% porcentaje sistema constructivo
Capítulo 1 SUPERFICIE ENVOLVENTE (obra fina exterior)		19%		6%
Cubierta	3%		2%	
Fachada	16%		4%	
Capítulo 2 VOLUMEN INTERIOR (obra gruesa portante)		74%		31%
Estructura vertical	35%		8%	
Estructura horizontal	9%		6%	
Instalaciones	4%		4%	
Particiones	3%		2%	
Revestimientos	23%		11%	
Capítulo 3 HUELLA EDIFICADA (obra empotrada en terreno)		7%		no
Cimentación	7%		no	
SUMA TOTAL PORCENTAJES =	100%	100%	37%	37%

(III) PREDIMENSIONADO COSTE DE RECONSTRUCCIÓN (Pcr) IGLESIA DE SANTIAGO (LORCA)
Pcr = % afección de daños x suma total construcción a nuevo = $37/100 \times 6.115.255 \text{ euros} = 2.262.644 \text{ €uros}$
% porcentaje desviación "error" = $2.262.644 \text{ €} / 2.144.068 \text{ € (Tabla 1: inversión sin IVA)} = 1,0553 = 5,53 \%$

Fuente: elaboración propia

Discusión de los datos y resultados

La presente ponencia se ha desarrollado según la metodología de “aproximaciones sucesivas en intervalos finitos”, contenida en el modelo de predimensionado de costes Pcr.5n, aplicado a la valoración de los daños producidos por los terremotos de Lorca (España) sobre el Patrimonio Histórico de la Iglesia Católica.

En resumen las tres aproximaciones “sucesivas” dan como resultado lo siguiente:

- 1/ Primera aproximación estimativa (Síntesis conceptual)= 2.286.167€ (+6,63%)
- 2/ Segunda aproximación calculo estimativo (Tabla 2) = 2.285.326€ (+6,59%)
- 3/ Calculo predimensionado coste reconstrucción (Tabla 4)= 2.262.644€ (+5.53%)

Se deduce que a medida que se avanza en los niveles de cálculo, mas se “aproxima” el valor estimado a la inversión aprobada, es decir que se podría perfeccionar la estimación recurriendo a los niveles .4 y .5 de predimensionado de costes previsto en el modelo de predimensionado Pcr.5n, entrando en el detalle de medición desagregada de la cubierta, fachadas, volúmenes interiores de diferentes funciones y alturas, etc.....

De la muestra analizada en la presente ponencia, se desprende “inicialmente” la existencia de tres tipos/categorías de Iglesias:

Tipo 1/ Categoría básica/normal: (3.200/3.500 €/m²c) Hm ≈ 11,50 m

Iglesia construida con muros de mampostería NORMAL/básica en toda su composición, excepto fachada principal de mampostería concertada lisa y cubrición con bóvedas tabicadas.

Tipo 2/ Categoría notable/buena: (4.800/5.100 €/m²c) Hm ≈ 12,50 m

Iglesia construida con muros de mampostería BUENA/ notable a cara vista en toda su composición, excepto fachada principal de cantería concertada/ligeramente moldurada y cubrición con bóvedas tabicadas revestidas.

Tipo 3/ Categoría singular/excelente: (11.800/12.400 €/m²c) Hm ≈ 16 m

Iglesia construida con muros de cantería EXCELENTE/ singular a cara vista concertada en toda su composición, excepto fachada principal de sillería concertada esculpida/singular con bastante molduraciones y cubrición con bóvedas nervadas de piedra vista.

También se podría mejorar la precisión del predimensionado de costes de reconstrucción, ampliando a seis (Pina, 1991) los tres tipos inicialmente considerados, según la siguiente propuesta:

Tipo 1/ Categoría Elemental / SENCILLA (Hm ≈ 10m)

Tipo 2/ Categoría Básica / NORMAL (Hm ≈ 11,50m)

Tipo 3/ Categoría Notable / BUENA (Hm ≈ 12,50m)

Tipo 4/ Categoría Sobresaliente / SUPERIOR (Hm ≈ 14m)

Tipo 5/ Categoría Singular / EXCELENTE (Hm ≈ 16m)

Tipo 6/ Categoría Extraordinaria / EXCEPCIONAL (Hm >19m)

De esta manera sería posible perfeccionar el cálculo ampliando la muestra a todas las Iglesias afectadas por los terremotos, es decir pasando de las analizadas (55%) a todas las afectadas por los terremotos (100%).

(5) CONCLUSION:

Exponer por último, que se han cumplido los objetivos e hipótesis formuladas en cuanto a la aplicabilidad del modelo de predimensionado de costes Pcr.5n, a la valoración de los daños producidos por los terremotos acaecidos el día 13 de mayo del año 2011, sobre las Iglesias de Lorca, por cuanto la desviación media global de los cálculos efectuados se sitúan en el 8,67%, es decir menor del 10% comúnmente aceptado por la legislación actualmente vigente en España y en el caso específicamente analizado para la Iglesia de Santiago, la desviación del coste está en torno al 6%.

La aplicación del modelo también es de rápida implementación y no necesita conocimientos profundos sobre los inmuebles a valorar, con tres simples mediciones y una estimación porcentual, son suficientes para el cálculo del predimensionado del coste de reconstrucción de las Iglesias, siendo estas cualidades innovadoras y de impacto, respecto a los modelos de predimensionado al uso.

El modelo de cálculo propuesto, también es de aplicación en otros escenarios y situaciones, para la estimación rápida de los costes de las obras precisas de

reconstrucción de los daños producidos sobre edificios del Patrimonio Histórico, tipo Teatros, Casinos, Paradores, etc..... afectados por acciones sísmicas u otras acciones similares, que deterioren o arruinen su configuración estructural y/o constructiva.

Para futuras investigaciones, apuntamos como posibles las siguientes líneas:

- Ampliar la base de datos global, para elevar el nivel de precisión y por tanto disminuir las desviaciones %, mejorando la precisión del modelo.
- Ampliar los tipos/categorías de la ponencia al menos a seis, siendo recomendable llegar a diez tipos/categorías de Iglesias, según su calidad constructiva e importancia histórica.
- Avanzar en los niveles .4 y .5 del modelo Pcr.5n, aplicándolo con mayor intensidad y profundidad en cuanto a mediciones más pormenorizadas/detalladas y no solo “tres” mediciones como se establece en la aplicación del nivel .3 de cálculo.
- Analizar la aplicabilidad del modelo, para otras utilidades tales como la estimación del valor patrimonial, valoraciones catastrales, pólizas de seguros, tasaciones inmobiliarias, etc.....

REFERENCIAS

De la Hoz, Juan de Dios (2012) *Terremoto en Lorca: consecuencias y actuaciones sobre el Patrimonio Religioso. Patrimonio Cultural de España – nº 6/año 2012*. Madrid: España (páginas 107 – 121)

García, Federico (2004) *Compendio de arquitectura legal*. 2ª Edición. Editorial Reverte. Madrid

García, Federico; Ramírez, Gema; Pina, Pedro; Armengol, Jaime (2013) *La valoración de inmuebles del Patrimonio Histórico y los riesgos sísmicos en el contrato de seguro. El caso de Lorca*. Mapfre : España

Pina, Pedro (1989) *Banco de costos en obras de Arquitectura y Urbanismo 1989/90: obra nueva, restauración, rehabilitación y urbanismo*. Colegio oficial de arquitectos de Murcia y declarado de interés profesional por el Consejo superior de los colegios de arquitectos de España . Coamu/Murcia : España

Pina, Pedro (1991) *Banco de costos en obras de Arquitectura y Urbanismo 1991/92: obra nueva, restauración, rehabilitación y urbanismo*. Colegio oficial de arquitectos de Murcia y declarado de interés profesional por el Consejo superior de los colegios de arquitectos de España . Coamu/Murcia : España

Pina, Pedro (2004) *Base de precios/costes de construcción de la Región de Murcia: Edificación y urbanización*. Coamu Coatmu Frecom y Ucam. Murcia: España

Pina, Pedro (2013) Tesis doctoral en elaboración *Desarrollo de un modelo de predimensionado de costes de construcción en el proyecto arquitectónico*. [ETSA UPM] Madrid: España

Roldán, Juan y otros (2012) *Experiencia para un protocolo técnico de actuación tras terremotos. Los movimientos sísmicos de Lorca del 11 de mayo de 2011*. Ucam Murcia : España

VVAA, (2011) *Plan director para la recuperación del Patrimonio Cultural de Lorca (Murcia)* Ministerio de Cultura .Dirección General de Bellas Artes y Bienes Culturales. Madrid: España