

## RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS MOTIVADAS POR LA OCURRENCIA DE TERREMOTOS HISTÓRICOS

J.M. Martínez Solares<sup>1,4</sup>, J.Batló Ortiz<sup>2</sup> y A.López Arroyo<sup>3</sup>

1 Instituto Geográfico Nacional. Gral. Ibañez de Ibero, 3. 28003 Madrid. jmmsolares@fomento.es

2 Institut Geològic de Catalunya. Balmes, 209-211. 08006 Barcelona. jbatllo@igc.cat

3 Ofiteco S.A. Guzmán el Bueno, 133. 28003 Madrid

4 Universidad Complutense de Madrid. Ciudad Universitaria. 28040 Madrid

### RESUMEN

A partir de documentos contemporáneos confeccionados como consecuencia de algunos de los terremotos más importantes ocurridos durante los siglos XVI a XIX en España y en otras posesiones de ultramar, se realiza una breve exposición de cada uno de ellos, permitiendo observar la evolución en el conocimiento de las técnicas constructivas y urbanísticas. Estas transcurren desde consideraciones religiosas y seudocientíficas, hasta aportaciones muy específicas como puede ser la elección de un nuevo emplazamiento, las características del terreno, el proyecto urbanístico, la ejecución de la construcción o la elección de los materiales. Asimismo, a finales del siglo XIX se redactan reglamentos constructivos con criterios legales, que pueden considerarse como los antecedentes de la actual normativa.

Palabras clave: terremotos, documentación histórica, normativa.

### SUMMARY

Starting from contemporary documents written as consequence of some important earthquakes that occurred from XVI to XIX centuries in Spain and other overseas countries, we present a brief statement of each of them, showing the evolution in the knowledge of building and town-planning techniques. These goes from religious and pseudo-scientific considerations, up to very specific contributions as can be the selection of a new emplacement, the soil characteristics, the urban project, the building performance or the materials selection. Likewise, at the end of the XIX century building regulations with legal criterion were written, that can be considered as the preceding of the present-day normative.

### Introducción

*"Si fuera cierto que Carlos V, dexó de fixar su Corte en esta Ciudad por el miedo de su familia a los terremotos, aquella pusilanimidad fue tal vez una de las mayores desgracias que pudieron suceder a la monarquía española.....La orgullosa Londres no arrebatara (¿hubiese arrebatado?) a España el imperio de los mares y Felipe II pudiera (¿hubiese podido?) dominar a Europa con mucho mas seguridad desde las claras faldas de Sierra Nevada, que desde los oscuros peñascos del Escorial."* (J. Sempere, granadino, año 1807)

Esta frase tan crítica para la monarquía y el centralismo refleja, quizás de forma algo exagerada, el grado de influencia que han tenido los terremotos en el desarrollo de la historia. Por ello, a través de una serie de movimientos sísmicos relevantes, es posible observar la evolución que algunos conceptos sismorresistente han tenido y las soluciones que en cada momento se han ido adoptando. Es indudable que los daños que estos movimientos del terreno producían en los edificios, han ayudado a mejorar la calidad de los materiales y de las técnicas constructivas. Un ejemplo lo podemos encontrar en Sevilla, donde el terremoto del año 1079, probablemente con epicentro en el Golfo de Cádiz (Martínez Solares y Mezcua, 2002), produjo la caída de la parte más elevada de la torre de la Iglesia de San Salvador, que reconstruida, volvió a colapsar con el terremoto de 1356, con epicentro en la misma zona que el de Lisboa de 1755. Vuelta a reconstruirse por segunda vez, no se repitieron los daños ni con el terremoto de 1504 (Carmona) ni con el de 1755, lo cual evidencia una aparente mejora en la calidad constructiva (Gentil, 1989).

Un aspecto importante del riesgo es la distribución urbanística de las ciudades. Estas han sufrido un cambio notable con el tiempo, pasando de trazados irregulares correspondientes a la época islámica, a calles más amplias y rectilíneas. La transformación se inició en el siglo XVI y era también la forma de planificación de las ciudades fundadas por los españoles en el Caribe, donde las nuevas ciudades ya se diseñan en forma rectangular. Aunque estas nuevas concepciones urbanísticas no fueron consecuencia directa de terremotos catastróficos, al menos hasta el siglo XIX, produjeron un notable beneficio al aminorar los daños, tanto directos como indirectos, ocasionados por los mismos. Así pudo ocurrir con el terremoto de 1594 en San Salvador (Muñoz y Udias, 2006). En otros casos, el cambio en la ubicación de los pueblos como consecuencia de su destrucción, conllevaba necesariamente una nueva configuración urbanística y también la elección de un emplazamiento cuyo tipo de suelo fuese más adecuado. Esto sucedió con los terremotos ocurridos de enero y agosto de 1804, donde los pueblos de Berja y Dalías sufrieron daños muy graves, proponiéndose su traslado a lugares más "*seguros, sanos y libres, en lo posible, de los terremotos*", lo que, a pesar de redactarse un proyecto para la reubicación, no llegó a realizarse.

En la relación de los terremotos que expondremos a continuación, con magnitudes estimadas superiores a 6.0, observaremos que la distribución temporal no es homogénea ni regular, con una importante carencia durante el siglo XVII. Esto se debe a que las fuentes documentales están muy dispersas y a que la forma de abordar el tema que nos ocupa es muy diferente para cada época.

### **Terremoto de 1518, 9 de noviembre, Vera (Almería), VIII-IX (EMS)**

Como consecuencia del terremoto, la ciudad de Vera queda reducida a escombros, planteándose la necesidad de trasladarla a un lugar más adecuado. Dado su carácter medieval y musulmán estaba ubicada en una colina, por lo que se planificó su traslado hasta un emplazamiento llano, de acuerdo con la tendencia general en las ciudades modernas. Bajo la orden del emperador Carlos I, en 1519 se redacta un informe sobre como se debe reedificar la ciudad, aunque su principal justificación se basaba en motivos estratégicos. Olivera (1995) en su estudio sobre este terremoto, considera que son más variados los argumentos usados para su construcción en un lugar distinto:

1. La tierra estaba muy removida y por tanto poco sólida para construir.
2. Los cimientos del castillo estaban totalmente agrietados, siendo muy difícil reconstruirlo.

3. La retirada de la gran cantidad de escombros acumulados suponía un enorme esfuerzo.
4. La ausencia de agua como consecuencia de la desaparición de la fuente.
5. La seguridad e indefensión ante el posible ataque de los moros del norte de África.
6. El miedo a la repetición de los terremotos.

Según señala Villanueva Muñoz (1986) la nueva ciudad ha de tener un trazado regular, calles rectas y cruzadas perpendicularmente, configurándose alrededor de una calle principal, una serie de secundarias y bordeada por un perímetro defensivo (Figura 1). No obstante, la anchura de la mayoría de las calles todavía se podía considerar reducida, si bien la principal tenía algo más de amplitud, aunque todo estuvo condicionado por los criterios militares y defensivos antes señalados.



Figura 1. Esquema del trazado de la planificación urbana de la ciudad de Vera tras el terremoto de 1518 (Villanueva Muñoz, 1986).

En su trabajo sobre los terremotos de Almería, Casiano del Prado (1863) apunta que la nueva Iglesia que se construyó en Vera tras el terremoto se realizó con la techumbre de madera, descansando a trechos sobre arcos apuntados y que por este motivo es la única de Vera, en ese año de 1863, que los arcos no tienen ninguna fisura. Desde el punto de vista de los seguros, puede resultar también curiosa la condición expresada para realizar las obras en un documento contemporáneo del terremoto localizado en el Archivo Municipal de Vera (López Marinas, 1977): " *Es condición que si por causa del tiempo o terremotos o tempestades de muchas aguas o por fuerza de moros fuera derribado cualquier cosa de la*

*obra o por detenerse las pagas sea a costa del rey y de la ciudad y no a costa del maestro y que ello las pierdan y no el dicho maestro".*

### **Terremoto de 1748, 23 de marzo, Estubeny (Valencia), 6,2 Mw**

Este terremoto se denominó durante mucho tiempo como el "sismo de Montesa" dado que esta ciudad fue casi destruida, sin embargo mucha parte del daño estuvo en realidad ocasionado por la caída de las ruinas del castillo sobre las casas del pueblo y por tanto el epicentro macrosísmico ha sido desplazado en los nuevos catálogos sísmicos. De este suceso se dispone de una exhaustiva cuantificación de los daños y de las víctimas (Alberola, 1995), sin embargo no ha sido posible contar con documentación referente a la reedificación de los edificios destruidos.

Algún informe contemporáneo como el escrito por Carrasco (1748) al mes siguiente de ocurrido el terremoto nos permite esbozar una pequeña aproximación. Sobre la ciudad de Montesa señala que estaba fundada sobre un monte donde se había construido el castillo, además de una iglesia y un convento. Apunta a la mala calidad del terreno, indicando que *"no es homogéneo en todas sus partes, unas son de tierra, otras de greda, otras de laja y pizarra blanca"* existiendo además antiguas grietas en el suelo circundante al castillo. Respecto a la iglesia, el documento también hace referencia a la deficiente construcción de la época describiendo *"la desmesurada elevación de sus paredes principales, con una pesadísima bóveda, y careciendo de los correspondientes estribos.... fue causa de que con mas facilidad la derribase el terremoto, lo que con bastante probabilidad no hubiese sucedido si los hubiese tenido buenos"* y añade *"la iglesia tenía asimismo el defecto de haberle practicado las Capillas en el grueso de los muros ... lo que debía disminuir mucho la resistencia"*.

### **Terremoto de 1755, 1 de noviembre, SW Cabo San Vicente, 8.5 Mw**

Este terremoto, a pesar de estar considerado el mayor ocurrido en la península Ibérica, ha dejado poca literatura en España referente a los temas que estamos tratando. No obstante podemos indicar, aunque se sitúe fuera de nuestro ámbito geográfico, que la mejor documentación en relación con la reconstrucción posterior al terremoto está referida a Lisboa, ciudad donde el terremoto causó más estragos. Aunque la reconstrucción de Lisboa duró cien años, se llevó a cabo en la ciudad una buena planificación técnica y ya en los meses siguientes a la catástrofe, se realizaron los informes pertinentes sobre las características estéticas y técnicas que debería cumplir la reconstrucción (França, 2005). Cabe señalar a este respecto la famosa "gaiola pombalina" o elemento estructural que fue ampliamente utilizado y que como apunta Appleton (2005) se trata de una estructura sólida, robusta y simultáneamente rígida y flexible.

En relación con nuestro país, de la multitud de textos generales escritos, destacamos uno muy curioso fechado en Sevilla ese mismo año titulado: *Anotaciones de unos Matemáticos y Curiosos sobre el terremoto.....; útil para que trabajen los Físicos, y poderse precaver en lo posible, las gentes y sus edificios* (en Martínez Solares, 2001). El documento, además de realizar una admirable descripción sobre los efectos premonitorios de los animales, compara los grandes edificios con los de *"mucho plano y poca altura"*, y textualmente dice: *"Los edificios grandes con gran solidez de cimientos y muy unidos, son mas expuestos a la ruina de los terremotos, porque por su mayor mole, resisten mas, y tienen mas riesgo, o mayor estrago, y al contrario, aunque grandes y solidos, estando*

*formados sobre pilares, y arcos, teniendo menos resistencia, desahoga mas pronto el terremoto".* El comportamiento complejo de este tipo de edificios en España ha sido anotado por algunos autores (Martínez Solares, 2001) y viene a confirmarse por Appleton (2005) al reflejar que los daños más graves en los edificios altos de la ciudad de Lisboa sugirieron a los responsables de su reconstrucción que las nuevas casas tuviesen limitada su altura a una planta baja más dos pisos.

El documento sevillano antes citado, anota asimismo una serie de razonamientos en los que, comparando Lisboa con Sevilla, concluye con viejas teorías, alguna repetida como veremos en otros terremotos posteriores, sobre la necesidad de disponer de pozos y sumideros, abiertos o con respiraderos, como elementos para aminorar sus efectos dañinos. También señala que los lugares montañosos y los marítimos son menos seguros que los llanos e interiores para los movimientos sísmicos, conceptos ambos que en este terremoto resultan relevantes. Respecto a la reubicación de alguna ciudad o pueblo, no hemos encontrado nada al respecto en España pero sí en Portugal, donde se consideró desplazar la ciudad de Lisboa a la zona de Belén, debido a que los suelos aquí eran más favorables.

### **Terremoto de 1806, 27 de octubre, Pinos Puente (Granada), VIII (EMS)**

En relación con este terremoto existe un exhaustivo informe redactado al año siguiente por Sempere (1807), fiscal de la Chancillería de Granada. El documento empieza haciendo referencia a una serie de terremotos que habían ocurrido en Granada unos años antes. El día 13 de noviembre de 1778, un terremoto sentido fuertemente en la capital había generado una polémica sobre la conveniencia de abrir el llamado Pozo-Ayron, situado dentro de la ciudad y que había sido construido en época musulmana como remedio contra los terremotos al permitir la salida de los aires subterráneos. Después de muchas discusiones técnicas, el Ayuntamiento rechazó el proyecto, no obstante el debate continuó y degeneró hacia aspectos más sociales llevando a la suspensión de las representaciones de comedias. Años más tarde, volvió a replantearse la finalidad del pozo como consecuencia de los terremotos habidos el 26 de abril de 1789. Los que defendían su utilidad la justificaban en la opinión de Plinio sobre los buenos efectos que había tenido en una ciudad de Persia, siendo este el motivo por el que se construyó. Los contrarios a su apertura se basaban en que originalmente el pozo era para recoger agua, sirviendo además para guardar de noche al ganado. Otro argumento en contra era que el pueblo de Santa Fe, en la vega de Granada, tiene multitud de pozos en las casas y sin embargo padece sacudimientos de la tierra muy a menudo. Al final vuelve a prevalecer el sentido común, no abriéndose el pozo.

El periodo sísmico de 1806 se inició en la vega de Granada el 27 de octubre con un fuerte terremoto que ocasionó grandes estragos en varias pueblos de la zona, en particular en Santa Fe (VII, EMS) y Pinos-Puente (VIII, EMS). Le sucedieron numerosas réplicas que finalizaron en diciembre del año siguiente. Como en otras ocasiones, hubo muchas discusiones entre los ilustrados de la época tratando sobre el origen de los terremotos y la forma de defenderse contra ellos. Dado el conocimiento científico que se tenía, llegaron a defenderse ideas un tanto peregrinas, como los "paratemblores", similares a los pararrayos, que consistían en unas varas largas de hierro puntiagudas clavadas en la tierra cuyo objetivo, dado el origen eléctrico de los terremotos (teoría entonces en boga), era detenerlos.

En cualquier caso, también se redactaron informes más técnicos como el titulado *Sobre el modo de construir las casa en los sitios propensos a terremotos*, incluido en el

trabajo de Sempere sobre los terremotos de Granada. En él se atribuyen los daños al terreno "*cenagoso, flojo y desigual*" sobre el que está asentada la ciudad de Santa Fe y también a la mala construcción de sus casas "*de tapias de tierra sin machos de ladrillos, ni buena trabazon en las maderas de sus suelos y tejados*". El arquitecto encargado del informe señala que las viviendas deberán construirse de una sola altura y, a lo más, con una azotea o desván y fortificando los cimientos con "*losas grandes de la Sierra de Elvira*" (próxima a Granada). Las muros de la planta baja deben ser de mampostería, con buena mezcla de cal, y el resto de ladrillo. El arquitecto aporta un matiz socioeconómico al señalar que para las casas de los pobres, al ser mas bajas, pueda ser usado el buen barro o el tapial.

El informe concluye con un comentario análogo al realizado con ocasión del terremoto de 1755 sobre el comportamiento complejo de las grandes construcciones. En este sentido señala que la solidez de los edificios puede ser conveniente para otros fines, pero no necesariamente para los terremotos y basa su argumento en que una humilde choza tiene menos riesgo que los magníficos palacios y casas de cantería o mampostería, dado que en el pueblo de Santa Fe muchas casas de los pobres han padecido menos daños que la Colegiata o el convento de los PP. Agustinos como consecuencia de este terremoto de 1806.

### **Terremoto de 1829, 21 de marzo, Torrevieja (Alicante), 6,6 Mw**

Con una intensidad máxima de IX-X (EMS), este terremoto arruinó completamente, entre otros, los pueblos de Torrevieja, Almoradí, Rojales, Guardamar de Segura y Benejuzar, los cuales fueron señalados en el informe que redactó Larramendi (1829) para ser reconstruidos de nuevo. Para su nuevo trazado, Larramendi aconseja que sea realizado con regularidad y espaciosidad, con calles de un ancho de al menos 40 pies (12 metros) y las principales de 50 pies (15 metros). Pone como ejemplo que si bien en Torrevieja el terremoto fue más fuerte que en Almoradí, en el primero hubo proporcionalmente menos muertos ya que sus calles eran anchas y las casas bajas, todo lo contrario del segundo, donde estas eran estrechas y altas. Como aspecto urbanístico complementario Larramendi recomienda que dada la gran amplitud de las calles y la poca altura de las casas, en todas las calles se planten árboles, ya que la sombra en esta región es muy necesaria. Por otro lado, al analizar la reconstrucción de Torrevieja, se plantea el efecto del sitio al considerarse por algunos la necesidad de trasladar la ciudad a una nueva ubicación situada a poco más de media legua (aproximadamente 3 kms) ya que en ese lugar no habían caído las casas. Al final, motivos económicos decidieron reedificar la ciudad en el mismo lugar.

Respecto a las casas el informe señala, sin excepción alguna, que deberán tener solamente un piso, con una altura comprendida entre los 12 y 15 pies ( $\approx$  3,5-4,5 metros). También añade como elemento de seguridad, que las casas deban de disponer de corral, de forma que la gente al sentir el terremoto pueda fácilmente refugiarse en él o salir a la calle. Para su construcción aconseja que la fabrica sea de mampostería, debiéndose emplear mucha "maderación" muy bien trabada. En este punto el ingeniero Larramendi anota el concepto "moderno" de la sencillez como norma general en las construcciones.

## Terremotos en las Islas Filipinas, 1863-1880

En el año 1863 se produce un terrible terremoto que prácticamente destruyó la ciudad de Manila, muchos de los pueblos vecinos y ocasionando la muerte a más de cuatrocientas personas. Como consecuencia de la catástrofe, dos años más tarde la Compañía de Jesús funda el Observatorio sismológico y meteorológico de Manila, que aporta un conjunto de datos de gran importancia para el conocimiento científico de la región (Batlló, 2002).

En 1873, el ingeniero militar J. Cortés confecciona una extensa memoria titulada *Los terremotos, sus efectos en las edificaciones, y medios prácticos para evitarlos en lo posible*. Este trabajo fue revisado posteriormente por el autor a causa de los terremotos habidos en julio de 1880 en la Isla de Luzón. No ha sido posible disponer de tan interesante memoria, sin embargo podemos suponer que basado en él, se emitió un mes después del sismo por el Gobierno General de Filipinas, un decreto en el que se dictaban las *Reglas mas principales a que deberán sujetarse los edificios públicos y particulares que se construyan o reparen en las Islas Filipinas* (Gaceta de Manila, 1880). Estas reglas, divididas en 43 apartados, recogen de forma breve los aspectos técnicos de la construcción. Llama la atención una de ellas referida a la importancia de los edificios: "*Los entramados verticales de los edificios públicos, y más especialmente los destinados á contener un crecido número de personas, siquiera sea temporalmente, como son las iglesias, mercados, teatros, etc., se construirán de hierro, pudiendo emplearse la madera cuando este material resulte notablemente más económico*". Es importante señalar que estas normas publicadas en la Gaceta de Manila pueden considerarse como el primer texto legal sismorresistente en España.

Parece claro que la ciudad de Manila sirvió de experimento para comprobar el diferente comportamiento de los edificios, y de hecho, la Junta Consultiva de Obras Publicas del gobierno filipino fundamentó las reglas anteriores en los daños observados por los terremotos de 1863 y 1880. Así, el dictamen de la Junta señala para el terremoto de 1880 que "*en términos generales puede asegurarse que cuanto se ha construido racionalmente, con toda clase de materiales, permanece en pie, intacto o con pequeños desperfectos*". Asimismo, la Junta compara los daños por ambos terremotos y apunta "*los daños (en 1880) en los edificios modernos del Estado son insignificantes comparados con los que han sufrido las construcciones particulares, al contrario de lo que sucedió en el terremoto de 1863. La mayor parte de los edificios del Estado que ahora se han arruinado o sufrido desperfectos, adolecían de notorios vicios de composición o de graves defectos de ejecución o se hallaban denunciados*".

Sirva de ejemplo, los efectos que los terremotos de 1880 produjeron en una Iglesia de la ciudad filipina de Pangasinam (figura 2), consecuencia de los diferentes periodos de oscilación, siendo este comportamiento citado explícitamente en documentos contemporáneos al suceso (Cerero, 1890).



Figura 2. Efectos del terremoto de 1880 en la Iglesia de San Jacinto en Pangasinan (Filipinas). (En Cerero, 1890).

### **Terremoto de 1884, 25 de diciembre, Arenas del Rey (Granada), 6,5 Mw**

El Comisario Regio, nombrado al efecto por el rey Alfonso XII, fue el encargado directamente de la reconstrucción de aquellas poblaciones en las que era necesario construir más de cuarenta viviendas de nueva planta. Estos pueblos fueron lógicamente los más próximos al epicentro: Arenas del Rey, Albuñuelas, Alhama, Güevejar, Periana y Zafarraya. Para la elección del emplazamiento de las nuevas casas se tuvieron en cuenta las causas que habían contribuido al daño, como la estabilidad del terreno, pendientes máximas del cinco por ciento y sobre todo que no hubiese sido afectado gravemente por el terremoto. A estos hay que añadir los problemas de tipo socioeconómico que plantea un cambio de ubicación. En la figura 3 se puede apreciar el caso de Alhama de Granada, donde el nuevo barrio se situó muy próximo al antiguo núcleo, o el de Arenas del Rey, donde estaba a unos 300 metros de distancia. Las iglesias, escuelas y casas consistoriales se ubicaron en las plazas dado su mayor tamaño.



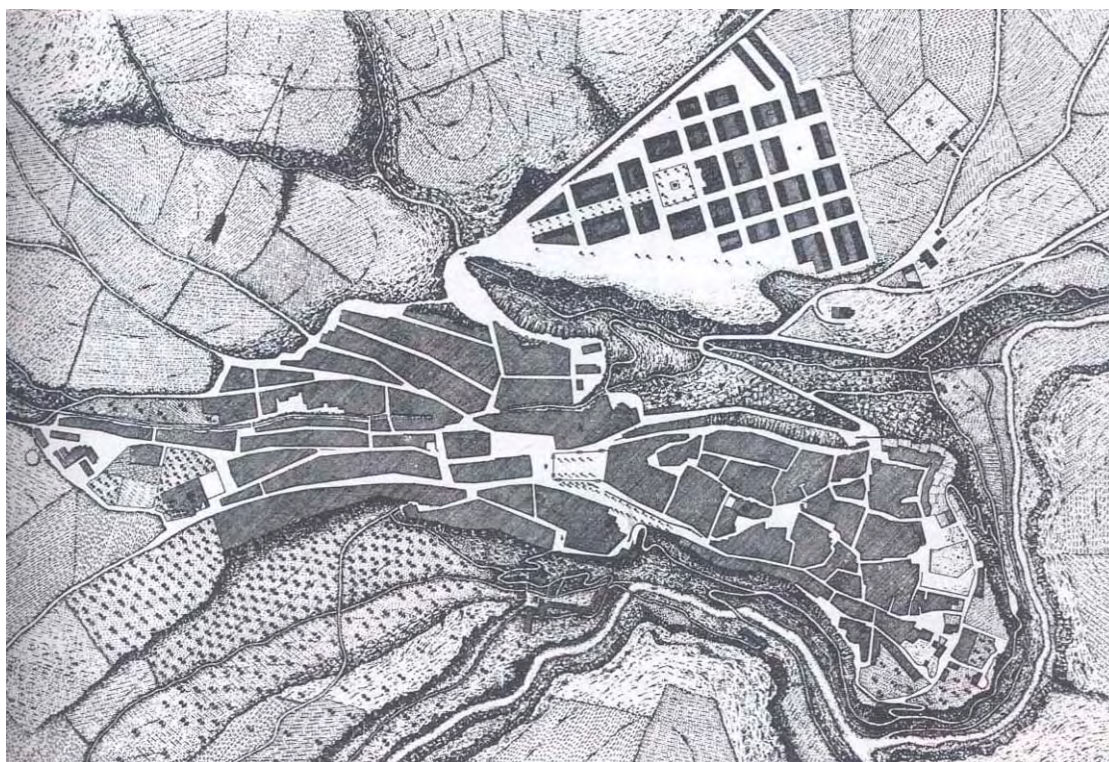


Figura 3. Plano de Alhama de Granada con la ubicación del nuevo barrio (López Arroyo et al., 1980)

Respecto a la altura de las nuevas edificaciones, se limitaron a dos plantas y para la anchura de las calles se estableció un mínimo de diez metros. Las características constructivas fueron diseñadas como consecuencia de las carencias detectadas causantes de los daños y así se dotó a las nuevas casas de una buena cimentación, ya que se constató la casi nula existencia de la misma, siendo además su profundidad superior a la altura aparente del edificio. También se hizo una elección adecuada de los materiales y se procedió a un control riguroso de la ejecución. Se tuvo especial cuidado en que la unión entre las distintas fabricas y los entramados de tabiques, pisos y cubiertas se realizara de la forma más adecuada, como se pone de manifiesto en los detalles de la figura 4 que representa uno de los modelos de casas diseñados. Su superficie estaba entre los 40 y 150 metros cuadrados y costaron entre las 1.500 y 5.100 pesetas de la época. Estas nuevas viviendas no fueron entregadas por la Comisaría Regia hasta dos años y medio después de ocurrido el terremoto.

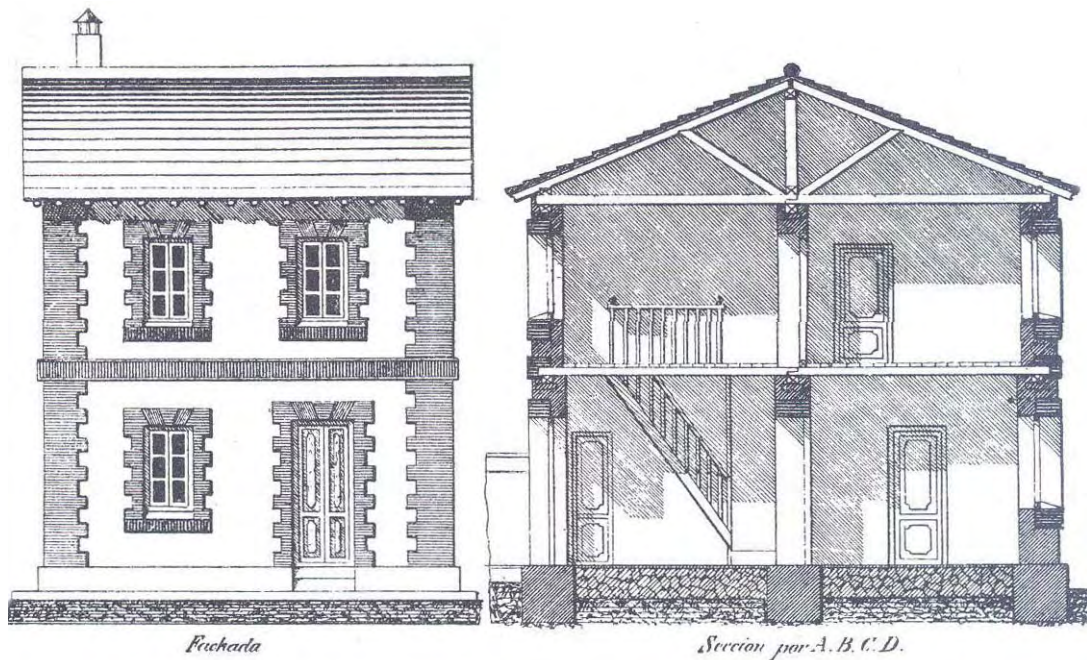


Figura 4. Fachada y sección de uno de los nuevos modelo de casa diseñados para la reconstrucción (López Arroyo, et al. 1980).

Como consecuencia de este suceso y de otros anteriores, incluidos los de Filipinas, en 1890 Cerero redactó un estudio muy técnico en el que, resumiendo las reglamentaciones publicadas en diversos países, enumeró cuatro principios considerados esenciales por el autor y que muy resumidos son los siguientes:

1. Empleo de cubiertas lo más ligeras posible.
2. Reducción en el número de pisos de los edificios, así como la altura correspondiente á cada uno.
3. Uso de la madera y el hierro en vez de las mamposterías para todos los apoyos verticales destinados á sostener la cubierta.
4. Enlace perfecto en todos los sentidos de las diversas partes que constituyen el edificio.

Cerero completa este estudio con un cálculo pormenorizado de la resistencia de los edificios de uno o dos pisos, ya sean de madera o mampostería.

## Conclusiones

En la evolución de los conceptos constructivos y urbanísticos se observa que algunos de ellos han sido mantenidos, con ciertos matices, a lo largo de todo el periodo de tiempo que hemos considerado; entre estos estarían la reubicación de las ciudades, la altura de los edificios o los tipos de suelo. Mientras, otros han sufrido un cambio sustancial, paralelo también al conocimiento científico y técnico, como la calidad de los materiales, la cimentación, el diseño o la técnica constructiva. Hay que destacar que en muchos de los informes que se redactaban, solamente se hacía referencia a los daños en los grandes edificios, iglesias, castillos, murallas, y solo en estos se detenían en hacer valoraciones tratando de entender el motivo del daño.

En general, se ha puesto de manifiesto que para la reconstrucción de los barrios, o ciudades enteras, se tuvieron en cuenta los defectos y carencias observados, tanto de materiales como de diseño, todos lo que en mayor o menor medida habían contribuido a aumentar el daño. No obstante, el grado de conocimiento y puesta en practica de las enseñanzas no fue similar en todos los países. Recordemos que a causa de los graves daños que sufrió Lisboa con el terremoto de 1755, se generó una mejora en las técnicas constructivas en Portugal, lo que no sucedió en España hasta el terremoto de Torrevieja de 1829 y en mayor medida con el de 1884 en Andalucía.

Las recomendaciones como consecuencia de los terremotos de 1880 publicadas en la Gaceta de Manila y las posteriores aportaciones de Cerero, constituyen un excelente ejemplo del estado del conocimiento sismorresistente en España a finales del siglo XIX y son el principio de la normativa legal en España.

### Referencias

- Alberola Roma, A. (1995).- "Catástrofe e historia: el terremoto valenciano de 1748". En *Homenaje a D. Antonio de Bethencourt Massieu*, Ed. Cabildo Insular de Gran Canaria, p.59-82.
- Appleton, J. (2005).- "Segurança sísmica de edificios pombalinos". En *O grande Terramoto de Lisboa*. Fundação Luso-Americana, Vol. II, p.129-148.
- Batlló, J. (2002).- "Sismologia colonial: la introducció de la sismologia instrumental a les illes Filipines (1865-1901)". En *Actes de la VI Trobada d'Història de la Ciència i de la Tècnica*, p.215-224.
- Carrasco, E.F. (1748).- "*Relacion puntual, circunstanciada de las ruinas, y extragos causados por los Terremotos, que se sintieron en varias partes del Reyno de Valencia, los días 23 de Marzo y 2 de Abril de 1748. Sacada de las noticias Testimoniadas, remitidas por los Governadores, Corregidores, y Justicias al Excmo. Señor Duque de Caylus, Governador, y Capitan General de este dicho Reyno, y el de Murcia*". Imprenta Viuda de Antonio Bordazar, Valencia, pp. 18.
- Cerero, R. (1890).- "Estudio sobre la resistencia y estabilidad de los edificios sometidos a huracanes y terremotos". Imprenta y Litografía del Deposito de la Guerra, pp. 85. (Edición facsímil en 1992, MOPT, CEDEX, CEHOPU)
- Gentil Govantes, P. (1989).- "*El riesgo sísmico de Sevilla*". Serv. de Publicaciones Univ. Sevilla. Serie: Arquitectura, N. 11, pp. 255.
- França, J.A. (2005).- "A reconstrução de Lisboa - politica, economia, administração, estetica e tecnica". En *O grande Terramoto de Lisboa*. Fundação Luso-Americana, Vol. I, p.307-327.
- Gaceta de Manila (1880).- "Reglas mas principales a que deberán sujetarse los edificios públicos y particulares que se construyan o reparen en las Islas Filipinas". 21 de agosto de 1880, año XX, num. 232, , tomo II, p.1584-1588.
- Larramendi, J.A. (1829).- "*Memoria y relación circunstanciada de los estragos que la terrible catástrofe de los terremotos de 21 de marzo y siguientes, principalmente, el del Sábado Santo 18 de abril hasta el presente día, han causado en Torrevieja y demás pueblos de la gobernación de Orihuela y sus inmediaciones, en la ciudad de Murcia y algunos pueblos de la provincia de este nombre*". Madrid, Imprenta Real, pp. 24.
- López Arroyo, A., Martín Martín, A.J. y Mezcua Rodríguez, J. (1980).- "El terremoto de Andalucía. Influencia en sus efectos de las condiciones del terreno y del tipo de construcción". En *El terremoto de Andalucía de 1884*. Inst. Geográfico Nacional, p. 5-94.
- López Marinas, J.M. (1977).- "*Sismo de 9 de noviembre de 1518 en Vera (Almería)*". Hidroeléctrica Española, Informe interno. pp. 8.

- Martínez Solares, J.M. (2001).- "*Los efectos del terremoto de Lisboa en España (1 de noviembre de 1755)*". Inst. Geográfico Nacional, Monografía 19, pp. 756.
- Martínez Solares, J.M. y Mezcua Rodríguez, J. (2002), "*Catálogo sísmico de la Península Ibérica (880 a.C. - 1900)*", Inst. Geográfico Nacional, Monografía 18, pp. 253 + 1 mapa.
- Olivera Serrano, C. (1995).- "*Geografía y Poblamiento*". En *Sismicidad histórica del Reino de Granada (1487-1531)*. Inst. Geográfico Nacional, Monografía 12, p.37-283.
- Prado, C. (1863-64).- "*Los terremotos de la provincia de Almería*". *Rev. Minera*, Tomo XIV, N. 322 a 325, p. 549-562, 581-597, 613-630, 657-661, 178-180, 378-380.
- Sempere, J. (1807).- "*Reflexiones sobre los terremotos de Granada*". Real Acad. Historia, Ref. 9/5210, p. 416-453.
- Villanueva Muñoz, E.A. (1986).- "*La planificación urbana de Vera tras el terremoto de 1518 forma y significado*". *Roel: Cuadernos de civilización de la cuenca del Almanzora*. N. 7/8, p.127-143.