

# *Terremoto de la comarca del Río Mula del 2 de febrero de 1999. Estudio de daños a edificaciones*

Patrick MURPHY  
Arquitecto

## **RESUMEN**

El presente estudio analiza los efectos del terremoto de la comarca del Río Mula sobre las edificaciones. Para ello se realizó un estudio de campo entre las fechas 4 y 7 de febrero visitando y fotografiando las muestras más representativas de daños. El informe ha seguido como guión lo establecido en la escala macrosísmica europea, EMS 98, en particular lo referente a niveles de daño y vulnerabilidad de distintos tipos constructivos. Se ha tratado de incluir casos de daños de edificios de distintas antigüedades y tipologías para quedar representadas el grueso de edificios existentes en la zona. Se presupone cierta familiaridad del lector con la escala macrosísmica Europea EMS 98.

## **ABSTRACT**

This work discusses the effects of the Río Mula earthquake on local buildings. Research was largely compiled during a site visit between the 4<sup>th</sup> and 7<sup>th</sup> of February, and the most representative cases of damage were studied and photographed. This work follows guidelines established in the EMS 98 macroseismic scale, in particular those concerning damage and vulnerability types. A range of buildings have been included in order to cover the main construction types of the area. It is assumed the reader is familiar with the EMS 98 macroseismic scale.

## ENTORNO

El terremoto, que afectó de forma notable la comarca del Río Mula, causó daños considerables en varias localidades próximas a la localidad de Mula. Una primera aproximación de la Dirección General de Ordenación del Territorio y Vivienda de la región de Murcia valoró los daños en 4 200 millones de pesetas, y calculó que casi el 60% de las viviendas de la zona macrosísmica resultaron dañadas de una forma u otra.

## TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS

La construcción tradicional está mayoritariamente representada por edificios de muro de carga. En muchos casos éstos son de piedra recibidas con morteros de calidad variable. En edificios públicos o eclesiásticos la calidad mejora algo, quedando los huecos y esquinas definidas por sillares. También es frecuente la edificación de ladrillo. Los forjados son unidireccionales de vigas de madera y aportan poca rigidez al edificio. Este conjunto de tipologías constructivas viene a configurar en gran medida el parque inmobiliario de los centros urbanos y cascos históricos de la zona. Este tipo de edificio se ha construido sin criterios de sismorresistencia, aunque en algunos casos la buena práctica constructiva puede dotar a un edificio de cierta resistencia a sismo sin que se haya buscado expresamente. De forma similar, la antigüedad y abandono les vuelve más vulnerables.

A efectos de la escala macrosísmica EMS 98, se ha asignado vulnerabilidad A o B a edificios de esta categoría, según los criterios establecidos en dicha escala.

En la actualidad, y bajo el amparo de normativas sismorresistentes, la construcción con bloque de hormigón ha venido reemplazando en gran medida la edificación de ladrillo, en particular en construcciones pequeñas. Esta solución constructiva puede desarrollar una importante resistencia frente a sismo siempre que se armen las celdas de los bloques, desarrollándose así un muro de gran resistencia. Cuando los bloques sólo se reciben con mortero y no van armados, la vulnerabilidad es B.

La estructura de hormigón armado es la tipología constructiva más frecuente en la construcción actual para edificios de vivienda, como en otras comarcas del país. Es especialmente común la combinación de estructura de hormigón con cerramiento y tabiquería de fábrica de ladrillo o bloque de hormigón. Se ha asignado vulnerabilidad C, D o E para estas construcciones según lo establecido en la escala EMS 98.

Se observaron además, varios edificios de estructura metálica en la zona macrosísmica y alguna estructura singular, como una presa y tres chimeneas industriales de gran altura.

## **NORMATIVA SISMORRESISTENTE (ERD SEGÙN EMS 98)**

La edificación de la zona se encuentra bajo el amparo de una norma sismorresistente implementada en 1974, (PDS 1/1974) que fue objeto de una amplia actualización y renovación con la entrada en vigor en 1995 de la norma NCSE-94.

### **La norma PDS 1/1974**

Esta norma asignaba a distintos territorios un valor de intensidad en la escala MSK, atravesando la isolínea de grado MSK 8 la zona macrosísmica objeto de este estudio. Así, se puede deducir que la edificación posterior a 1974 se ha ejecutado con un valor de aceleración de cálculo de 0,15 g en las localidades más alejadas hacia el este, como Campos y Albudeite, y 0,08 g de aceleración en Mula y demás localidades dispuestas hacia el oeste, correspondiendo a grados VIII y VII MSK en el mapa de riesgo de la escala PDS 1/1974.

Esta normativa sismorresistente permitía un análisis estático de la edificación con algunas recomendaciones generalizadas sobre prácticas constructivas o recomendaciones de obra. No se instruye, por ejemplo, sobre la colocación de armaduras en edificios de hormigón armado, y no se aportan detalles para conseguir un comportamiento dúctil de nudos, encuentros y empotramientos. Debido a esto, y a pesar del alto valor de cálculo (0,15 g) se ha considerado que edificios ejecutados bajo esta norma tienen un valor de sismorresistencia equivalente a ERD-L según lo establecido en la escala EMS 98.

### **La norma sismorresistente NCSE-94**

En esta normativa, el mapa de riesgo de intensidades ha sido sustituido por valores de aceleración en forma de isolíneas con valor de 0,02 g entre ellos, y valores extrapolados entre localidades. Según esta normativa hay una graduación de valores en sentido este-oeste que dan 0,09 g en Mula, 0,11 g en Albudeite, y 0,12 g en Campos. Como se puede comprobar en esta norma, los

valores cambian en poca distancia geográfica pero por lo menos se elimina el gran "salto" entre 0,08 y 0,15 g que había en la norma anterior.

La norma establece un análisis dinámico modal del edificio pero permite un modelo de cálculo simplificado para aquellas estructura que cumplan unas condiciones determinadas. La norma incluye recomendaciones para la correcta implantación en obra de las exigencias, e incluye detalles de armado y consideraciones de diseño.

Con la certeza de que la norma se implementa íntegramente y con un cuidado seguimiento de obra, se puede asignar a la edificación resultante de esta norma el valor más alto de sismorresistencia según la escala EMS-98 que es ERD-H. Sin embargo la experiencia señala que esto sólo se garantiza en obras que se ejecuten en un entorno de control de calidad, quedando otras construcciones expuestas al peligro de que la norma no se aplique correctamente. Por ello debemos aceptar que los edificios construidos a partir de esta fecha puedan mostrar grados de vulnerabilidad variable.

## **DAÑOS SEGÚN TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS**

### **Edificios de muro de carga**

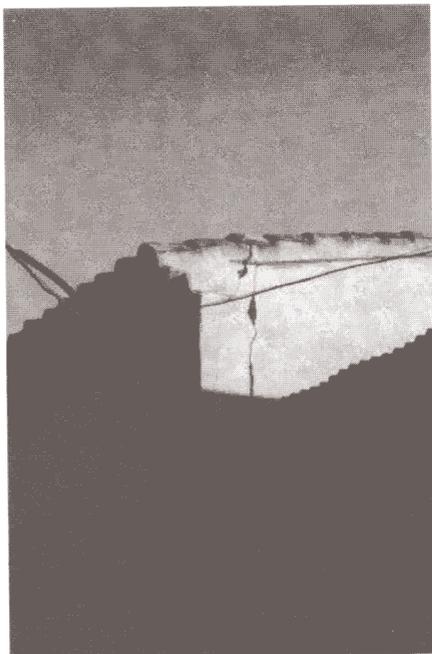
El terremoto puso de manifiesto una vez más, la pobre resistencia frente a sismo de edificios de muro de carga realizados sin criterios de sismorresistencia, y en particular los antiguos. Son edificaciones con mucha masa y generan grandes cargas durante un sismo mostrando acusado comportamiento frágil.

En la zona de estudio se observó con frecuencia grietas de separación o pérdida de enlace entre muros de carga, siendo un daño muy relevante ya que supone la pérdida del comportamiento unitario de la estructura. Las grietas se han observado por lo general en los ángulos exteriores de los edificios (Figs. 1 y 2). En algunos casos se observaron daños más avanzados de este tipo, incluyendo la caída de esquinas enteras.

En la construcción actual se refuerzan esquinas y el empotramiento de muros de carga con armaduras metálicas entre hileras para garantizar dicho enlace.

### **Cornisas y aleros**

Otro daño característico de esta tipología fue la caída de aleros, impostas y cornisas. Estos elementos son por lo general frágiles, y estando más expues-



**Figura 1.** Pérdida de enlace entre muros de carga en un edificio de Albudeite.



**Figura 2.** Pérdida de enlace entre muros de carga en un edificio en Campos del Río.

tos, sufren una meteorización más rápida que el resto de la estructura. Es un daño de gran riesgo ya que los escombros caen a la vía pública alcanzando peatones y vehículos (Figs. 3 y 4). La mayoría de heridos durante el terremoto fue por esta causa. Aunque no es práctica normalizada, es importante fijar de forma resistente estos elementos a los elementos estructurales. No es suficiente recibirlos con pastas o morteros. También se observó el desplazamiento y caída de albardillas, que deben ser fijados de la misma manera (Fig. 5).

Las chimeneas son un caso parecido. Al ser elementos frágiles dispuestos sobre cubiertas son fácilmente dañables como se observó con frecuencia en las localidades de la zona macrosísmica (Fig. 6). Del mismo modo se deben asegurar depósitos y maquinaria en cubiertas contra el impulso del terremoto.

### **Edificios de estructura de hormigón**

A pesar de ser construcciones recientes, y ejecutados bajo el amparo de una normativa sismorresistente, algunos de estos edificios resultaron dañados,



**Figura 3.** Caída de un alero en una calle en Mula.



**Figura 4.** Escombros en una calle de Mula por caída de aleros.



**Figura 5.** Albardilla desplazada en un edificio de nueva planta en Campos del Río.



**Figura 6.** Chimenea derribada en Campos del Río.

y especialmente en sus elementos no estructurales. Se observó en varios casos daños a los cerramientos exteriores debido al movimiento diferencial entre el cerramiento y el pórtico de hormigón. Estos daños han sido estudiados en anteriores terremotos y forman una tipología de daño muy característico en estructuras de hormigón.

La deformación del pórtico de hormigón transmite carga a los elementos no estructurales como los cerramientos de albañilería cuando no sean capaces de deformarse con el pórtico. Esto causa fracturas de cortante en forma de "X" formadas por dos grietas diagonales superpuestas al deformarse el pórtico en una dirección y luego en otra (Fig. 7). La tabiquería interior sufre daños parecidos por la deformación de los pórticos. También es frecuente que queden marcadas por grietas las zonas de contacto entre los cerramientos, pilares y forjados. En la zona macrosísmica se han observado todos estos casos de daños (Fig. 8).

### Otras construcciones

Se fotografiaron casos de vuelco de muros aislados. Son especialmente vulnerables por ser largos sin que acometan muros perpendicularmente a ellos. Aún disponiendo de contrafuertes como en el ejemplo que se docu-



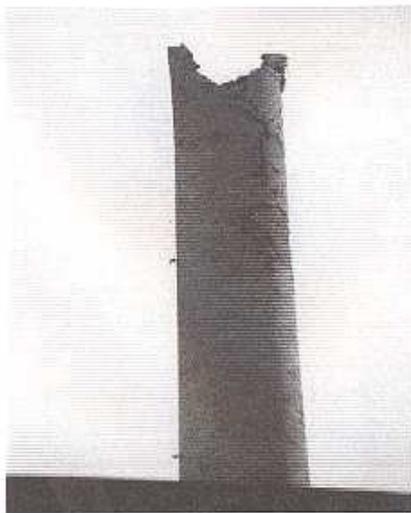
**Figura 7.** Grietas por cortante en forma de X en un edificio de Mula.



**Figura 8.** Daños en encuentro entre cerramiento y estructura en un edificio de pórtico de hormigón armado en Albudeite.



**Figura 9.** Muro volcado en Campos del Río.



**Figura 10.** Chimenea industrial dañada en Mula.

mentó, estos muros deben realizarse con bloque ligero de hormigón debidamente armado (Fig. 9).

De las tres chimeneas industriales de gran altura en la zona, dos resultaron dañadas, una con pérdida de la coronación superior (Fig. 10). Las tres chimeneas son de fábrica de ladrillo.

Se han elaborado en más detalle 3 ejemplos de edificios dañados abarcando distintas tipologías constructivas.

### **Caso 1. Edificio de viviendas en Campos del Río**

Se trata de un edificio de tres plantas con estructura de pórtico de hormigón y cerramiento de ladrillo visto en fachada, representando una tipología de vivienda frecuente. El edificio tiene además una discontinuidad de material de acabado entre las tres plantas; usándose ladrillo macizo cara vista en las dos plantas superiores, y un ladrillo hueco revocado en la planta baja. Se deduce pues, que la planta baja se ha cerrado con posterioridad, o tiene un uso distinto que las superiores.

Se observaron daños considerables al cerramiento de planta baja, principalmente la fisuración del cerramiento en contacto con pilares y el forjado, y en los lienzos con huecos se abrieron grietas de cortante en forma de X (Figs. 11 y 12).



**Figura 11.** Daños a la planta baja de este edificio en Campos del Río.



**Figura 12.** Grietas de cortante en forma de X.

Son daños característicos de un edificio con planta baja diáfana. Las plantas superiores, densamente compartimentadas y con cerramiento de ladrillo macizo se desplazó sobre la planta baja menos rígida por ser más diáfana, provocando grandes deformaciones que rompieron el cerramiento débil de ladrillo hueco. Se observó también exfoliación de hormigón en un encuentro de pilar y forjado. A pesar de los apeos y la extensión aparente de las grietas, no hay daños estructurales significativos.

Según la escala EMS 98, se ha valorado este caso como daño de grado 2 en un edificio de vulnerabilidad C.

El ejemplo expone la relevancia de los elementos no estructurales en el conjunto global sismorresistente del edificio y señala el mal comportamiento de las soluciones donde la rigidez de distintas plantas del edificio es variable.

## **Caso 2. Colegio de Puebla de Mula**

Este ejemplo es un complejo de dos edificios de dos pisos de planta rectangular y muro de carga de ladrillo intercalado con hiladas de piedra y recibidos con mortero de calidad sin determinar. La planta y la disposición de huecos en fachada son regulares y simétricas.

En las cuatro esquinas de los muros de carga de fachada se observaron grietas indicando la pérdida de enlace entre los muros, llegándose al derrumbamiento parcial de dos esquinas. Hay grietas de cortante alrededor de todos los huecos, y caída de grandes extensiones de revoco. Entre un porche adosado y el edificio principal se observan daños por embestida provocadas por la respuesta distinta entre los dos cuerpos (Fig. 13).

En el segundo edificio se produjo la expulsión de uno de los muros laterales. El tejado resultó dañado con caída de tejas al interior y exterior, y se han observado grietas de cortante afectando a todos los huecos (Fig. 14).

Se ha asignado daño de grado 3 a estos dos edificios de vulnerabilidad B.

Además de reflejar la extremada fragilidad de la construcción de muros de mampostería, el ejemplo señala la importancia de ligar los muros de carga entre ellos, y asegurar que queden perfectamente empotrados. También señala el peligro de daños por contacto de cuerpos edificados de distinta rigidez o altura que se encuentran adosados.



**Figura 13.** Caída de esquina y daños por contacto entre el porche y edificio principal.



**Figura 14.** Daños a huecos en los dos edificios.



**Figura 15.** Expulsión de muro testero.

### **Caso 3. Edificio industrial en Mula**

El tercer ejemplo es un edificio industrial de planta regular con estructura de pórticos metálicos y cerramiento de bloque ligeros de hormigón. La cubierta es ligera de chapa metálica a dos aguas.

El terremoto expulsó el muro testero de bloque ligero de hormigón (Figs. 15 y 16). Se trata de un muro largo sobre una ventanal horizontal. Los bloques y parte del remate metálico de cubierta cayeron a un patio de mercancías causando daños a material almacenado contra la pared. Queda indicado una vez más, la especial vulnerabilidad de los muros testeros y la necesidad de fijarlos en todo su perímetro.

En los otros muros se observa la fisuración del cerramiento de bloque donde coinciden con los pórticos metálicos (Fig. 17).

Se ha asignado daño de grado 2 a este edificio de vulnerabilidad D.

El ejemplo señala la mala solución constructiva de adosar un cerramiento frágil y rígido contra una estructura portante dúctil. La estructura debe ser el elemento más rígido del conjunto, y en su defecto, el cerramiento debe disponerse de tal forma que tolere el desplazamiento de la estructura.



**Figura 16.** Caída de muro testero de bloque ligero de hormigón.



**Figura 17.** Grieta en cerramiento en la incidencia con el pórtico metálico portante.

## **Conclusión**

Si bien era de esperar un pobre comportamiento frente a sismo de la construcción antigua y tradicional, el terremoto ha puesto nuevamente de manifiesto el riesgo que supone estas edificaciones en los conjuntos urbanos de las zonas sísmicas de España. La caída de aleros, chimeneas e impostas en la comarca del Río Mula fue el motivo principal por el que se ocasionaran heridos y daños a vehículos estacionados en la vía.

En lo relativo a la construcción actual, no se ha llegado a una solución satisfactoria que garantice el buen comportamiento de los elementos no estructurales, en particular los cerramientos cerámicos confinados en pórticos de hormigón. Deben extenderse y normalizarse los detalles constructivos que garanticen la estabilidad de los cerramientos, y controlar el efecto rigidizante que aportan a la estructura.

La estabilidad de los cerramientos es esencial para evitar daños a personas al caer a la vía pública. El terremoto también puso de manifiesto la importante pérdida económica que originan estos daños, especialmente si consideramos que en muchas obras el cerramiento y sus acabados suponen mayor inversión de obra que la estructura portante. La Dirección General de Ordenación del Territorio y Vivienda de la región de Murcia declaró más del 55% de todos los casos de daños como daños a cerramientos, ascendiendo la pérdida a un valor de más de 2 000 millones de pesetas.

Por último se quiere recordar que se trata de daños provocados por un movimiento de suelo considerablemente inferior a las condiciones de diseño que indica la normativa sismorresistente actual. El terremoto del Río Mula debería servir como ensayo para identificar las insuficiencias y puntos débiles de la construcción actual, y actuar sobre ellas.