

EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL DISTRITO 2- L'EIXAMPLE DE LA CIUDAD DE VALENCIA



Autor(es): L. Basset¹ y A. Guardiola²

¹Dep. Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras,
E.T.S. Arquitectura, Universidad Politécnica de Valencia, lbasset@mes.upv.es

²Dep. Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras,
E.T.S. Arquitectura, Universidad Politécnica de Valencia, aguardio@mes.upv.es

RESUMEN

En este artículo se presenta el estudio de la vulnerabilidad sísmica de un distrito de gran valor histórico y arquitectónico de la ciudad de Valencia: L'Eixample. Con una superficie de 1,733 km² y una población censada de 44099 habitantes en 2009, este distrito, básicamente residencial, está compuesto por tres barrios Pla del Remei, Gran Vía y Ruzafa. La tipología estructural predominante es de muros de mampostería no reforzada con forjados de madera o acero, habiendo sido sustituidos una pequeña parte de ellos por nuevos edificios de hormigón armado.

La ciudad de Valencia está situada en una zona de sismicidad baja, por lo que en el proyecto de estos edificios, diseñados únicamente frente a cargas verticales, no se tuvo en cuenta ninguna consideración sismorresistente. El análisis de su vulnerabilidad ha permitido la elaboración de mapas de escenarios de daño, con ayuda de un Sistema de Información Geográfica (SIG).

Los resultados obtenidos podrán utilizarse para mejorar el comportamiento estructural de aquellos edificios más vulnerables así como para determinar el riesgo sísmico del distrito.

Palabras clave: Vulnerabilidad sísmica, áreas urbanas residenciales, SIG.

SUMMARY

Seismic vulnerability assessment of "L'Eixample", a district in Valencia with historical and architectural value, is presented in this paper. With a surface area of 1,733 km² and 44099 inhabitants in 2009, this mainly residential district is divided into three areas: Pla del Remei, Gran Vía and Ruzafa. Prevailing structural typology is unreinforced masonry with wood or metal floors, although new concrete buildings have replaced a small part of the old ones.

Buildings have been designed only considering vertical static loads without any seismic criteria, because Valencia is located in a low seismic hazard region. After vulnerability assessment, damage scenarios maps have been produced, using a Geographical Information System (GIS).

Results could be used to improve the most vulnerable buildings' structural behavior and to define district seismic risk.

Keywords: Seismic vulnerability, residential urban areas, GIS

Introducción

Muchas regiones de baja o moderada sismicidad, como es el caso de la ciudad de Valencia, presentan un riesgo sísmico elevado debido a la vulnerabilidad de sus edificios. A pesar de que los conocimientos técnicos actuales permiten diseñar y construir edificios que se comporten adecuadamente frente a acciones sísmicas, la realidad es que, en las ciudades españolas, hay un gran número de edificios que no reúnen los requisitos necesarios, debido fundamentalmente a que fueron construidos antes de la entrada en vigor de la primera normativa sísmica.

Este trabajo se centra en el distrito de L'Eixample de la ciudad de Valencia, cuyos edificios, de gran valor histórico y arquitectónico, se construyeron a partir del derribo de las murallas en 1865. L'Eixample cuenta con dos planes especiales de protección: PEP-1 (Ruzafa Norte y Pla del Remei, 2005) y PEP-2 (Ruzafa Sur y Gran Vía, 2006). Además, el Pla del Remei pertenece al centro histórico, declarado en 1993 Bien de Interés Cultural, y Ruzafa es, desde 2008, Área de Rehabilitación Integral concertada, con el fin de evitar su degradación progresiva, propiciada por el proyecto de enterramiento de la vía férrea y la construcción del futuro parque central. L'Eixample tiene en la actualidad 25109 viviendas agrupadas en 120 manzanas con 2050 parcelas ocupadas y 93 solares. La mayoría de los edificios son de mampostería no reforzada, aunque a partir de los años 50 predominan los edificios de hormigón. Tanto los edificios de mampostería como los de hormigón (excepto los más recientes) se calcularon considerando únicamente acciones verticales, presentando una serie de características que los hacen especialmente vulnerables, tales como irregularidad en planta y alzado, pisos superpuestos, mal estado de conservación, etc.

El estudio de vulnerabilidad está plenamente justificado y constituye el primer paso para la estimación y reducción del riesgo sísmico de la ciudad así como para el establecimiento de planes de actuación y protección en caso de ocurrencia de un terremoto.

Objetivos

El objetivo del trabajo es la determinación de la vulnerabilidad de los edificios de viviendas del barrio de l'Eixample de Valencia, obteniendo los escenarios de daño para los sismos más probables y expresando los resultados en forma de mapas mediante un sistema de información geográfica (SIG). La vulnerabilidad se ha calculado mediante el método del índice de Vulnerabilidad en su versión desarrollada dentro del marco del proyecto europeo Risk-UE. Este método, adecuado para el estudio de áreas urbanas, consiste en determinar la calidad sísmica de los edificios mediante un índice de vulnerabilidad que se obtiene a partir de la clasificación de las tipologías estructurales. El índice asignado inicialmente se modifica atendiendo a las características específicas del edificio que contribuyen positiva o negativamente a su respuesta sísmica, determinando posteriormente el grado de daño esperado en función del índice de vulnerabilidad obtenido y de la intensidad del sismo considerada.

Teniendo en cuenta que actualmente se están llevando a cabo en la zona actuaciones arquitectónicas de distinto tipo: rehabilitación interior, sobreelevación de 1 o 2 plantas, sustitución completa del edificio manteniendo la fachada, derribo y nueva construcción, etc., los resultados de la predicción del grado de daño esperado pueden ser muy útiles para identificar los edificios más vulnerables y proponer soluciones que mejoren su comportamiento a sismo.

Descripción del Distrito de L'Eixample

El distrito de L'Eixample forma parte del Ensanche de la ciudad de Valencia, y está formado por tres barrios: Pla del Remei, Gran Vía y Ruzafa (figura 1)

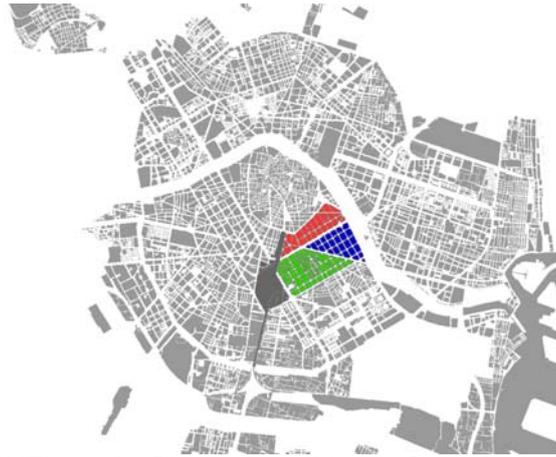


Figura 1. Distrito de L'Eixample: Pla del Remei (rojo), Gran Vía (azul) y Ruzafa (verde)

La información necesaria para este estudio (altura de los edificios, edad, dimensiones, sistema estructural, etc.) se ha obtenido principalmente de la base de datos del catastro del 2009, de la cartografía digital de la ciudad de Valencia, del Archivo Histórico y de los planes especiales de protección PEP-1 y PEP-2. La información se ha completado y revisado posteriormente mediante trabajo de campo. Esta inspección ha permitido detectar ciertas incongruencias entre edad y tipo estructural, correspondientes a edificios con proyectos de rehabilitación integral, en los que la fachada y parte de la estructura se ha mantenido y reforzado, además de verificar la existencia de solares recientemente generados tras el derribo de la edificación existente (sobre todo en el barrio de Ruzafa), así como nuevas edificaciones identificadas en la base de datos del catastro como solares.

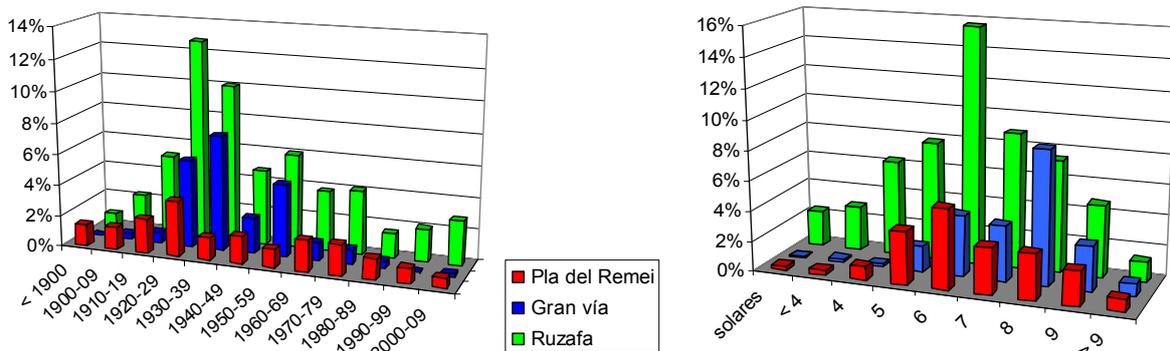


Figura 2. Edad y altura de los edificios por barrios.

La mayor parte de los edificios se construyeron antes de 1960 y su estado de conservación es variable. En la figura 2 se representan las edades y las alturas por barrios.

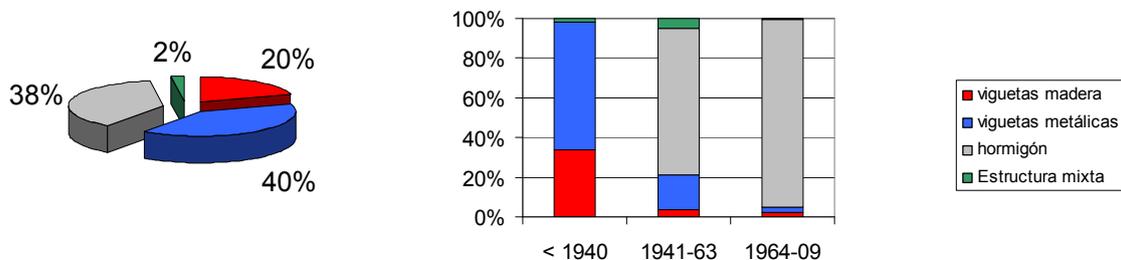


Figura 3. Porcentaje de edificios por tipologías y evolución en el tiempo.

La información acerca de la tipología estructural de los edificios se ha obtenido en su mayor parte de los catálogos de los planes de Protección PEP-1 y PEP-2, asignando, mediante un reconocimiento in situ, la tipología estructural a los edificios no catalogados. Un

60% de los edificios son de muros de mampostería no reforzada con forjados de viguetas de madera o metálicas con revoltón de ladrillo, un 38% tiene una estructura porticada de hormigón armado y únicamente un 3% tiene una estructura mixta de acero y hormigón (figura 3).

Las principales tipologías de edificios identificadas (según BTM de Risk-UE) son cuatro: M 3.1, mampostería con forjado de madera, M 3.3, mampostería con forjado metálico, RC 3.2, estructuras irregulares de pórticos de hormigón y S 5, estructuras de acero y hormigón (posiblemente, algunos de los edificios pertenecientes al periodo 1941-1963 clasificados como estructura de pórticos de hormigón armado, se hayan ejecutado con muros de carga y forjados de viguetas de hormigón y bovedillas, habiendo optado por incluirlos en la categoría de hormigón RC 3.2 por carecer de información al respecto). En la figura 4 se representan, por barrios, las tipologías de edificios.

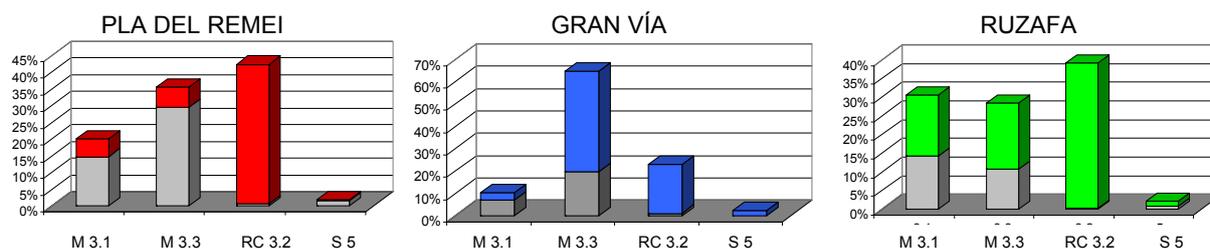


Figura 4. Tipologías de edificios por barrios (en gris los catalogados)

Vulnerabilidad

La vulnerabilidad de los edificios se ha determinado mediante el método del Índice de Vulnerabilidad, nivel 1, propuesto en el proyecto Risk-UE (Milutinovic y Trendafiloski, 2003), que asigna a cada una de las tipologías de edificios un índice de vulnerabilidad probable, VI^* , los límites del intervalo plausible, $[VI^- ; VI^+]$ y los límites inferior y superior de los posibles $[VI^{min} ; VI^{max}]$.

La particularización a cada edificio se establece mediante el modificador regional y los modificadores de comportamiento. El modificador regional, ΔVR , asignado a juicio de expertos, considera la calidad específica de la edificación a nivel regional. En el caso de Valencia, se ha determinado teniendo en cuenta, en el periodo en que se construyó el edificio, la normativa sísmica vigente en España (Lantada, 2007). Para la tipología S5, se han tomado los mismos valores que para la M 3.3, y para la estructura de hormigón armado anterior a 1963, el mismo valor que la del periodo 1963-68.

Los modificadores de comportamiento que se han considerado (Lantada, 2007) se refieren al estado de conservación, número de plantas, longitud de fachada, irregularidad en planta y volumen, posición del edificio en la manzana y su relación con los colindantes, introduciendo en la base de datos del catastro la información recogida en los planes especiales de protección y todas las características del edificio necesarias para calcular los correspondientes modificadores.

Los datos se han organizado en una hoja de cálculo, obteniendo, a partir de la tipología estructural, el índice de vulnerabilidad posible (VI^*) y, en función de las características del edificio, los modificadores correspondientes. El índice de vulnerabilidad total se determina sumando al valor representativo todos los modificadores.

Los valores obtenidos para los distintos campos en la hoja de cálculo, se han exportado a la tabla de atributos de las parcelas, vinculada a la planimetría correspondiente con el programa GVSig (figura 5).

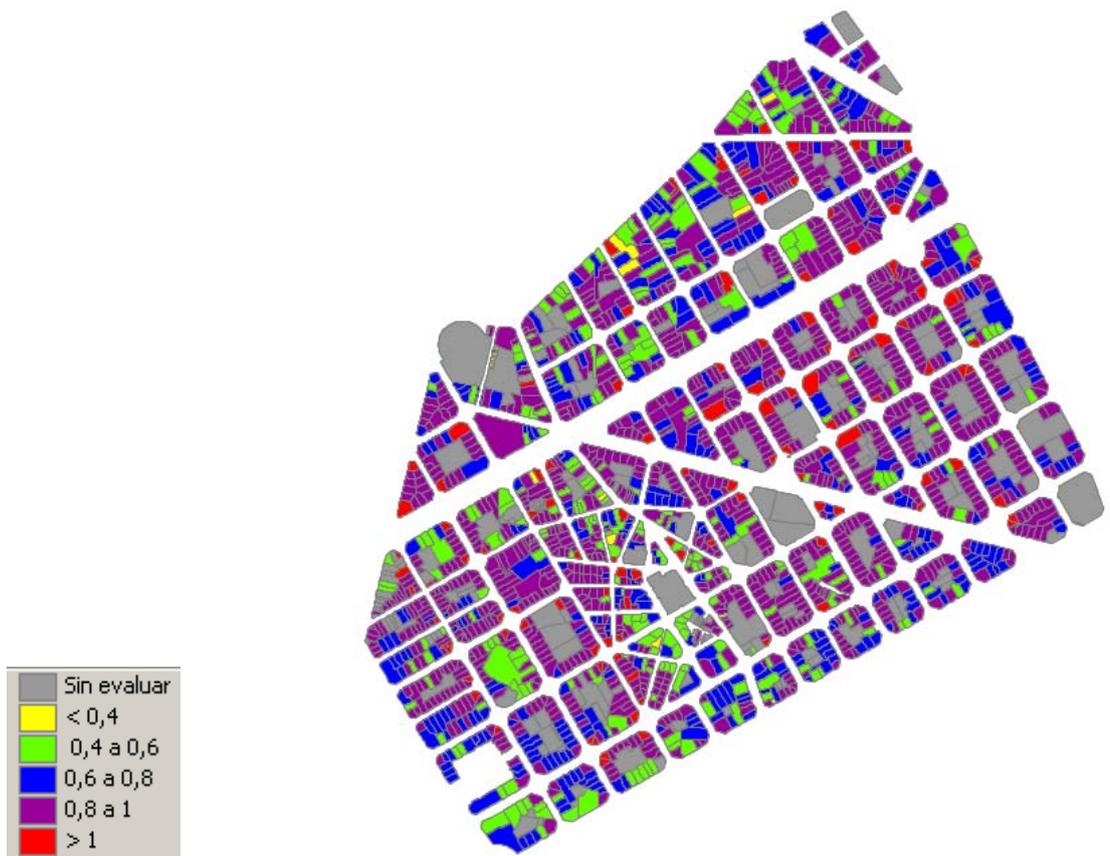


Figura 5. Mapa de vulnerabilidad sísmica

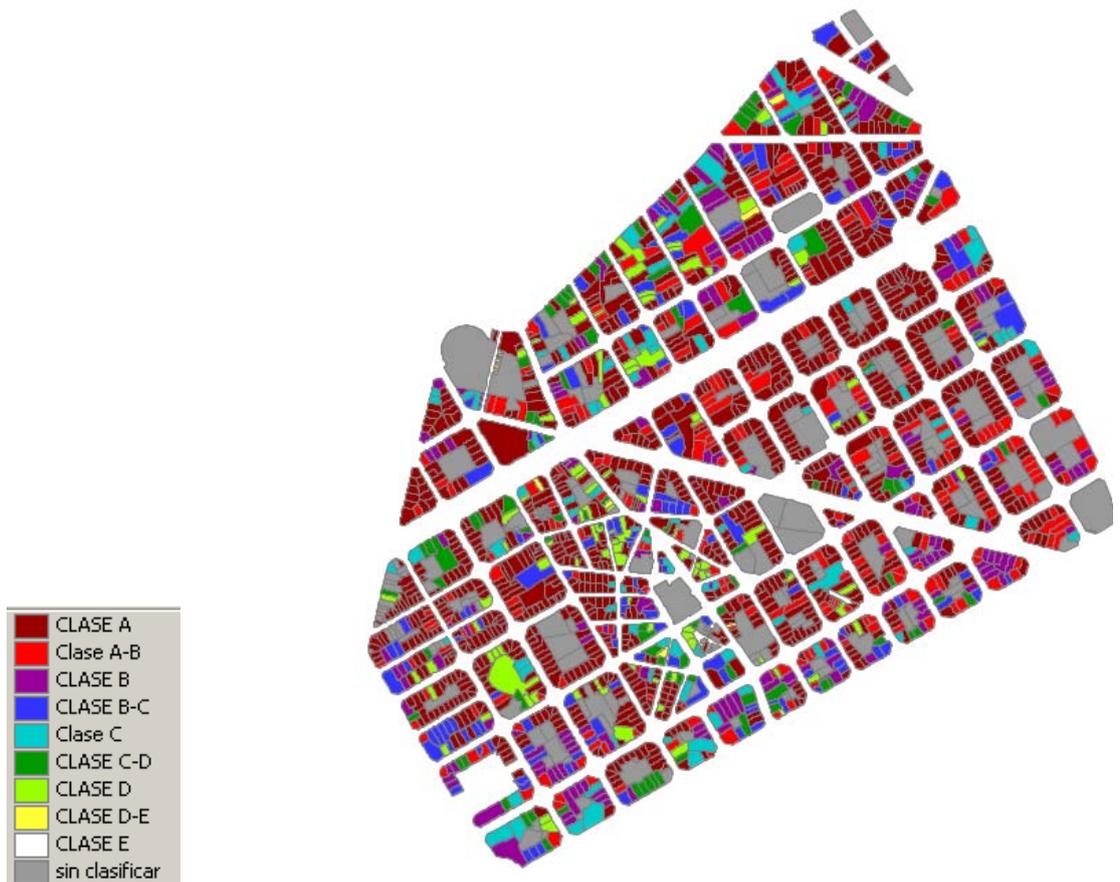


Figura 6. Clases de vulnerabilidad según la EMS-98

La pertenencia de los edificios a cada una de las 6 clases de vulnerabilidad (A – F) de la escala EMS-98 (figura 6) se ha determinado con los índices de vulnerabilidad calculados. La figura 7 representa, respectivamente, los resultados, en porcentajes de edificios por barrios, del índice de vulnerabilidad y de las clases.

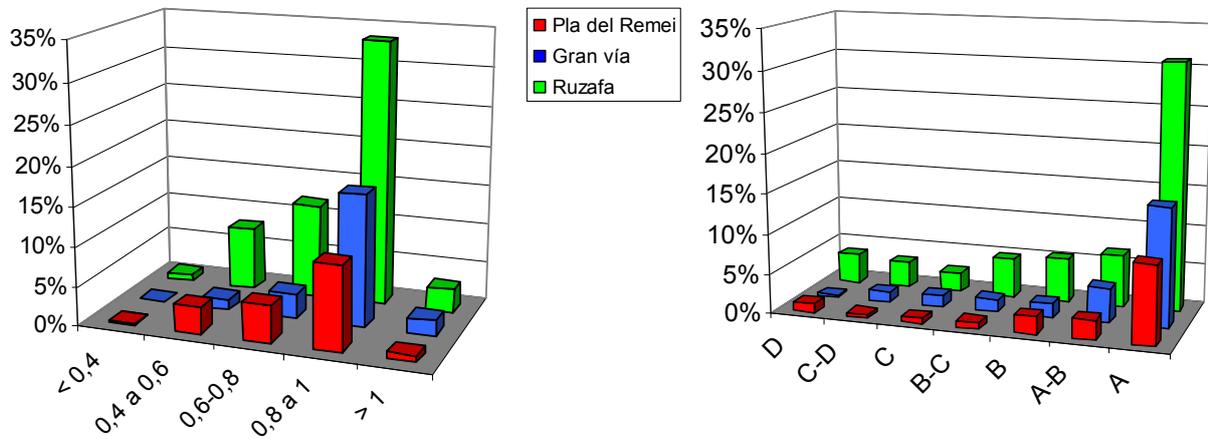


Figura 7. Porcentajes de edificios por barrios (índice de vulnerabilidad y clases)

Escenarios de daño

Para caracterizar la sismicidad de L'Eixample se han tenido en cuenta escenarios deterministas y probabilistas. Históricamente, el mayor terremoto registrado, próximo a la ciudad de Valencia, es el terremoto ocurrido en Carlet en 1872 (Giner et al., 2003), de intensidad 7. Por otra parte, el valor de la intensidad esperada en la Comunidad Valenciana, para un periodo de retorno de 500 años (incluyendo el efecto del sitio) es de 6 a 6,5 y para un periodo de retorno de 1000 años es de 6,5 a 7 (U.R.S.U.A, 2010), tal y como se representa en la figura 8. Teniendo en cuenta estos datos, se proponen dos escenarios de daño correspondientes a las intensidades 6 y 7.

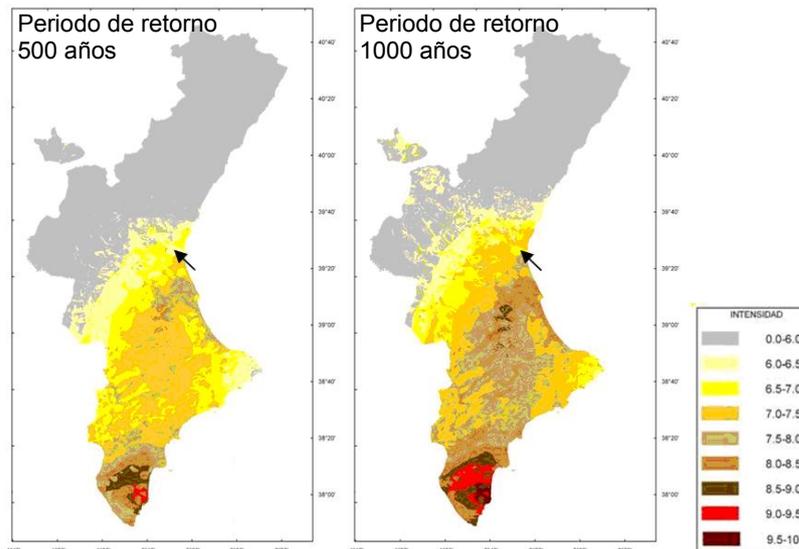


Figura 8. Mapas de intensidades esperadas en la Comunidad Valenciana con efecto del sitio.

Los escenarios de daño (figuras 9 y 10) se han obtenido mediante una función semiempírica que relaciona el grado de daño medio, μ_D , con el índice de vulnerabilidad, VI, para la intensidad I adoptada según la escala EMS-98 (Giovinazzi & Lagomarsino, 2004; Giovanazzi, 2005), considerándose 6 grados de daño: nulo (0), leve (1), moderado (2), severo, (3), extensivo (4) y destrucción (5).

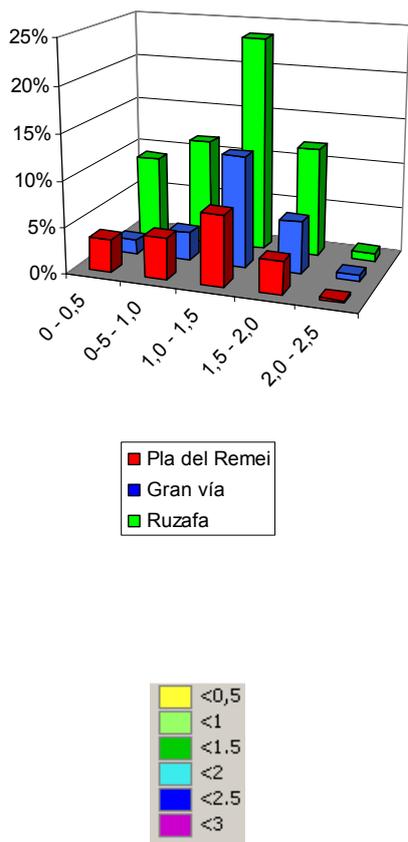


Figura 9. Escenario de daño para un sismo de intensidad 6 (efecto del sitio, retorno 500 años)

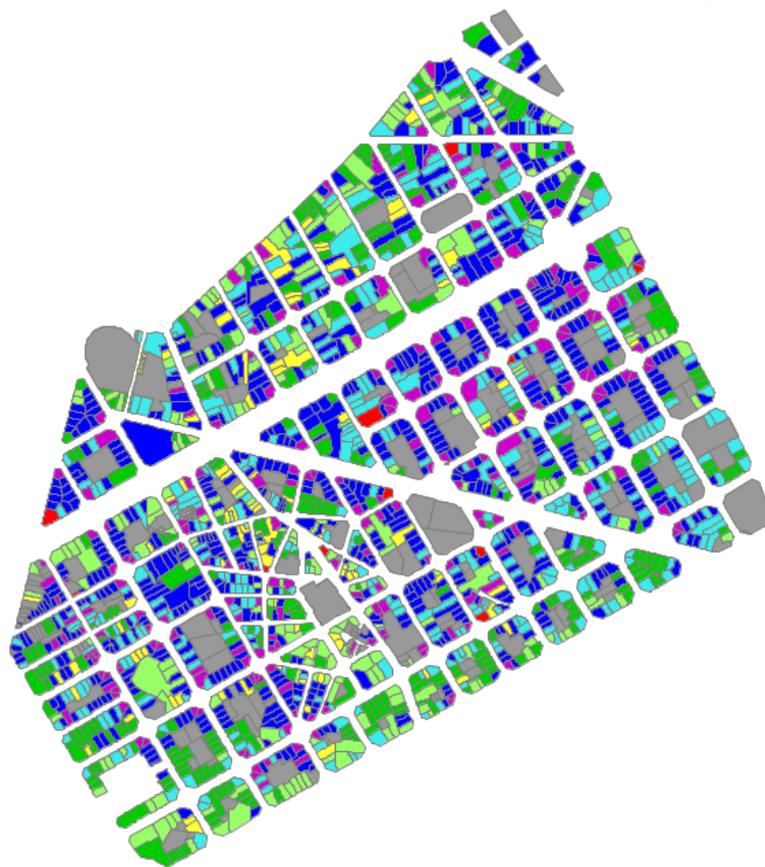
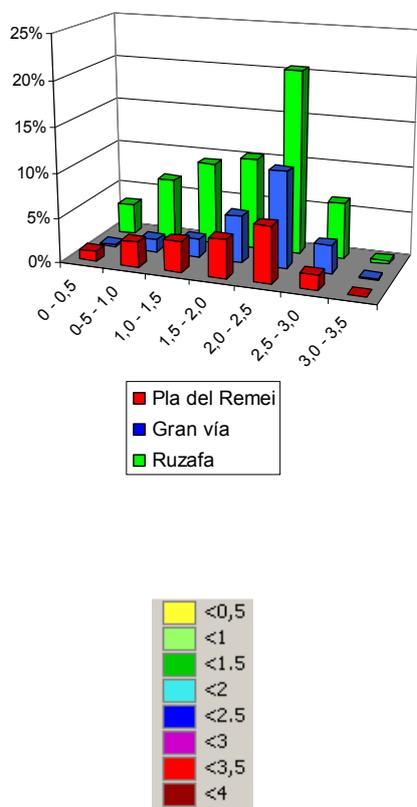


Figura 10. Escenario de daño para un sismo de intensidad 7 (efecto del sitio, retorno 1000 años y máximo terremoto en la zona)

Conclusiones

Se ha determinado la vulnerabilidad sísmica de los edificios del distrito de L'Eixample de Valencia, representándose los resultados mediante escenarios de daño para sismos de intensidades 6 y 7.

Los escenarios de daño proporcionan información sobre el posible nivel de daño que se alcanzaría para un sismo de la intensidad dada, lo que permite identificar los edificios más vulnerables y analizar los elementos concretos que aumentan dicha vulnerabilidad.

Los resultados obtenidos indican que la vulnerabilidad es elevada en este distrito de la ciudad de Valencia, por lo que se recomienda establecer criterios de intervención en edificios protegidos para salvaguardar el patrimonio de la ciudad y extender este estudio a otros distritos de interés arquitectónico de la ciudad.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) constituyen una herramienta muy útil para efectuar buena parte de los cálculos necesarios para determinar la vulnerabilidad y el daño, así como para representar los resultados en forma de mapas de vulnerabilidad y de escenarios de daño, permitiendo la actualización constante de datos y resultados así como su aplicación a otros fines.

Agradecimientos

La información para la elaboración de este trabajo ha sido proporcionada por la Gerencia Regional del Catastro de Valencia y por el Archivo de Arquitectura y Urbanismo de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia

Referencias:

- Giner J.J., Molina S. y Pedro J. Jáuregui P.J. (2003) "Sismicidad en la Comunidad Valenciana". Física de la Tierra nº 15, pp. 163-187
- Giovinazzi S. (2005) "The vulnerability assessment and the damage scenario in seismic risk analysis". PH.D.Thesis, T. U. Braunschweig, Alemania
- Giovinazzi S., Lagomarsino S. (2004), "A macroseismic method for vulnerability assessment of buildings". Proc. of the 13th World Conf. on Earthquake Engineering. Vancouver, B.C., Canada, August 1-6, 2004, Paper ID 896
- Lantada N. (2007), "Evaluación del riesgo sísmico mediante métodos avanzados y técnicas GIS. Aplicación a la ciudad de Barcelona". Tesis Doctoral, U.P. Cataluña, Barcelona
- Lantada N., Irizarry J, Barbat A., Goula X., Roca A., Susagna T, Pujades LI.G. (2010), "Seismic hazard and risk scenarios for Barcelona, Spain, using the Risk-UE vulnerability index method. Bull. Earthquake Eng.,Vol. 8, pp. 201-229, DOI 10.1007/s10518-009-9148-z. Springer Science+Business Media B.V. 2009
- Milutinovic Z. V., Trendafiloski G. S., (2003), "Vulnerability of current buildings. Risk-UE WP4 Handbook". Risk-UE project, contract: EVK4-CT-2000-00014
- Roca A., Irizarry J, Lantada N., Barbat A., Goula X., Pujades LI.G., Susagna T. (2006) "Método avanzado para la evaluación de la vulnerabilidad y el riesgo sísmico. aplicación a la ciudad de Barcelona". Física de la Tierra nº 18, pp. 183-203
- U.R.S.U.A. – Unidad de Registro Sísmico Universidad de Alicante: Mapa Catálogo de terremotos con intensidad (EMS-98) mayor o igual a VI. Mapas de Intensidad sísmica esperada en la Comunidad Valenciana incluyendo efecto del sitio para 500 años y 1000 años. <http://web.ua.es/ursua>