

Figura 9: Colapso de edificaciones en la zona centro de la ciudad, producidas por el sismo de enero de 1999 (sismo cercano).



Figura 10: Colapso de edificaciones en zonas aledañas al centro de la ciudad, producidas por el sismo de enero de 1999 (sismo cercano).

Riesgo por sismo intermedio

En la eventualidad de la ocurrencia de un sismo como los que se presentan en la zona de subducción (más precisamente en la zona de Benioff) a profundidades entre 80 y 150 Km con una aceleración máxima en roca de 0.18g, se podría esperar una pérdida cercana al 60% en el centro de Armenia lo que representaría una pérdida de 99 millones de dólares y de 770165 m².

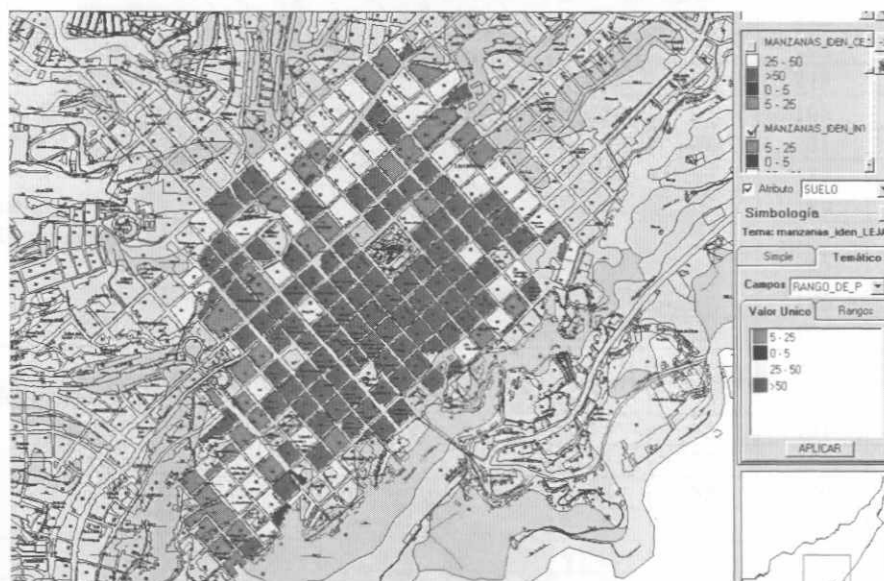


Figura 11: Índice de pérdidas producidas por un sismo intermedio.

La distribución espacial de los daños que podrían presentarse en el centro de Armenia a raíz de un sismo intermedio se muestra en la Figura 11. Se observan daños muchos mayores en el sector comprendido entre las carreras 13 y 19 y las calles 14 y 23.

Los mayores porcentajes de pérdidas para este sismo los presentan las estructuras aporticadas construidas en el periodo de 1960 a 1984 entre 5 y 7 pisos de uso residencial y comercial y ubicadas en tipo de suelo llenos1 (llenos naturales)

Riesgo por sismo lejano

Si se llegara a presentar un sismo en la zona de subducción a una distancia de 180 Km en línea recta hasta la zona de estudio, se podría esperar una pérdida cercana aproximada del 20% de los metros cuadrados en el centro de Armenia lo que representaría una pérdida de 25 millones de dólares y de 226784 m².

Los mayores porcentajes de pérdidas para este sismo los presentan las estructuras aporticadas construidas en el periodo de 1960 a 1984 con entre 2, 5 y 7 pisos de uso residencial y comercial y ubicadas en tipo de suelo llenos1 (llenos naturales).

La distribución espacial de los daños que podrían presentarse en el centro de Armenia a raíz de un sismo lejano se muestra en la Figura 12. Se observa allí que las pérdidas no son muy significativas.



Figura 12: Índice de pérdidas producidas por un sismo lejano.

Conclusiones

La metodología planteada para el cálculo de vulnerabilidad de edificaciones tiene aplicación directa en la evaluación de los posibles escenarios de pérdidas de pequeños y medianos escenarios urbanos, con una baja inversión de costos en el proyecto, convirtiéndose en una herramienta muy útil para las entidades de defensa civil en los proyectos de mitigación del riesgo sísmico urbano.

La vulnerabilidad de una edificación no depende únicamente de sus características físicas sino que también, como se pudo observar en este estudio, está fuertemente influenciada por el tipo de suelo sobre el cual está cimentada.

Específicamente, para el caso la ciudad de Armenia las estructuras más afectadas en el caso de presentarse cualquiera de los cuatro sismos estudiados serían los pórticos de concreto de 2, 5 y 7 pisos construidos en el periodo entre 1960 y 1984 y ubicados sobre el perfil de suelos llenos1

La zona más vulnerable y por consiguiente la que presenta mayor riesgo, es el sector ubicado sobre el perfil de suelo denominado llenos1 (llenos naturales), ya que este suelo presenta grandes amplificaciones a las aceleraciones sísmicas.

Es muy importante para la administración del riesgo mantener los inventarios de edificaciones y de sus usos y mejorar el conocimiento sobre el comportamiento de los suelos y las estructuras

Agradecimientos

Se expresan sinceros agradecimientos al Comité Local de Atención de Desastres CLOPAD-Alcaldía de Armenia, por la financiación parcial del proyecto, y de igual manera a la Universidad del Quindío por la cofinanciación del mismo.

Igualmente se agradece la colaboración de la Sociedad de Ingenieros del Quindío a través del Ing Guillermo J. Arcila por el apoyo y la información suministrada.

Fotografías: Ing. Jorge Ivan Carmona (SIQ).

Referencias

- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica – AIS, (1997). *Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98*. Ley 400 de 1997 Bogotá D.C., Colombia.
- Alcázar, E. F., Henao, N. y Ruiz, R. E. (1993). “Evaluación del Escenario de Pérdidas en Caso de Terremoto para la Ciudad de Armenia”. Tesis de Grado, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad del Quindío, Colombia
- Barbat, A. H., Yépez, M. F. y Canas, J. (1996) “Damage Scenarios Simulation for Seismic Risk Assessment in Urban Zones”, *Earthquake Spectra*, Vol. 12, No. 3, pp. 371-394
- Bardet, J. P., Ichii, K. y Lin, C. H. (2000) “EERA (SHAKE) A Computer Program for Equivalent-linear Earthquake site Response Analyses of Layered Soil Deposits”. Department of Civil Engineering. University of Southern California, Los Angeles.
- Campos, A. et al. (2000). “Proyecto para la Mitigación del Riesgo Sísmico para Pereira, Dosquebradas Santa Rosa de Cabal”. CARDER. Pereira, Colombia.
- Cano, L. y Alzate, O. (2000). *Proyecto de Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica del Municipio de Armenia, Método PERCAL Versión 6.0*. Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería (CEIFI), Universidad del Quindío, CRQ.
- CRQ, SIQ. (2004). *Patrones de Daño y Pérdidas para el Sismo del 25 de Enero de 1999*
- Der Kiureghian, A. y Ang H-S, A. (1975) “A line source model for seismic risk analysis” University of Illinois at Urbana-Champaign, Civil Engineering Department.
- Espinosa, A. (1996). *Sismicidad histórica del área Pereira-Dos Quebradas-Santa Rosa de Cabal*. Informe final sismicidad histórica, Proyecto de Mitigación de Riesgo Sísmico de Pereira - Dos Quebradas y Santa Rosa de Cabal CARDER
- Ingeominas (2000). *Zonificación Sismogeotécnica de la Ciudad de Armenia, Quindío, Colombia*. Instituto Colombiano de Geología y Minería. Bogotá D.C., Colombia.
- INTEGRAL, EAFIT, CRQ (2001) “*Riesgo Sísmico para la Ciudad de Armenia*”.
- Jaramillo, J. D. (1997). “*PERCAL ver 6 Programa para el cálculo de pérdidas por Sismo*”. Departamento de Ingeniería Civil, Universidad EAFIT Medellín, Colombia
- Mena, U. (2002). “*Evaluación del Riesgo Sísmico en Zonas Urbanas*”. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña Barcelona, España
- Naranjo, A. y Giraldo O. (1999) “Valores de Reposición de Construcción para Armenia – 1999” Lonja de Propiedad Raíz del Quindío Quindío, Colombia
- Ordaz, M., Arboleda, J. y Singh, S. (1995). “A Scheme of Random Summation of an Empirical Green’s Function to Estimate Ground Motions from Future Large Earthquakes” *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 85, No. 6, pp. 1635-1647.