



Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica, A.C.

Reporte preliminar de daños (virtual)

Sismos de Turquía del 06 de febrero de 2023

Preparado por (en orden alfabético):

Álvarez Vargas, Juan Carlos

Ballinas Díaz, Eriberto Elías

Espinoza Nava, Ulises

Gil Loaeza, Paola Saraí

Guerrero Bobadilla, Héctor

Lubin, Cyprien

Rodríguez Moreno, Vladimir Enrique

Tapia Hernández, Edgar

Velasco Enriquez, Luis Ivan

Febrero/2023

Resumen

La Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica, A.C. (SMIS), tiene como objeto, entre otros, intercambiar conocimientos y experiencias sobre el fenómeno sísmico. Con eso en mente, en este documento se presenta un resumen de los efectos producidos por los sismos del 06 de febrero de 2023, con epicentro en el sur de Turquía. La información recabada en este informe fue obtenida de distintas fuentes consultadas en línea. Este documento pretende ser un primer acercamiento hacia el entendimiento de lo acontecido en las zonas afectadas por los sismos. La Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica no puede garantizar que el presente reporte se encuentre libre de errores, ni se responsabiliza de ninguna de las referencias citadas, especificaciones, reportes o documentos generados por otros organismos e incorporados como referencia, ya que ese material puede ser modificado o enmendado con posterioridad a la publicación de este reporte. Por ello, quien haga uso de cualquier información contenida en este documento asume toda la responsabilidad de su uso. A medida que se vaya teniendo más información, este documento podrá ser actualizado si se considera pertinente.

En este documento se encontrará información relacionada con aspectos sismológicos de los sismos, algunos registros sísmicos y sus espectros de respuesta, daños en viviendas, monumentos históricos, hospitales, escuelas, carreteras y otros. También se analizan algunos casos que se consideran de interés. Se ofrecen algunas ligas a videos disponibles en internet, así como a algunos documentos de utilidad. Finalmente, se ofrecen unos comentarios finales. La Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica se deslinda de cualquier responsabilidad derivada de la lectura o interpretación de este documento, pues su objetivo es simplemente ayudar a la comunidad a tener una idea de lo acontecido en las zonas afectadas por los sismos del 06 de febrero de 2023.

Contenido

1	Introducción	4
2	Aspectos sismológicos	9
2.1	Placas tectónicas y zonas de falla en Turquía	9
2.2	Registros históricos de sismos en Turquía	10
2.3	Zona Este de la Falla de Anatolia (ZEFA)	14
2.4	Mapas de intensidades	15
3	Registros sísmicos, espectros de respuesta y de diseño, prácticas y procesos constructivos	21
3.1	Registros sísmicos	21
3.2	Espectros de respuesta	27
3.3	Informe preliminar de Garini y Gazetas (2023)	29
3.4	Espectros de diseño	32
3.5	Prácticas y procesos constructivos	33
4	Daños en viviendas	38
4.1	Características y condiciones de las construcciones	42
4.2	Edificios dañados o colapsados en Turquía y Siria	43
4.2.1	Turquía	43
4.2.2	Siria	46
5	Daños en monumentos históricos	54
5.1	Castillo Gaziantep	54
5.2	Mezquita Yeni Camii	58
5.3	Antigua Ciudadela de Alepo	60
6	Daños en escuelas, hospitales y otros	65
6.1	Daños en escuelas	65
6.2	Daños en hospitales	66
6.3	Otros	68

7	Daños a la infraestructura	74
7.1	Carreteras	74
7.2	Vías ferroviarias y puentes	78
7.3	Aeropuertos	79
7.4	Servicios	80
8	Análisis de algunos casos de interés	83
8.1	Conjunto Güçlü Bahçe City	85
8.2	Yeni Cammi (Nueva Mezquita)	87
8.3	Edificio del Colegio de Ingenieros Civiles	89
9	Ligas a noticias, videos, documentos, material multimedia y otros	93
9.1	Daños en viviendas.....	93
9.2	Daños en monumentos históricos.....	94
9.3	Daños en escuelas y hospitales.....	94
9.4	Daños en contenidos.....	94
9.5	Daños en infraestructura.....	95
9.6	Resúmenes de daños.....	95
10	Documentos de interés	97
10.1	Documentos actuales	97
10.2	Documentos históricos	101
11	Comentarios finales	105

1 Introducción

Los terremotos del 06 de febrero de 2023 en Turquía generaron daños severos en diversas zonas del sur de Turquía y norte de Siria. Al momento de la publicación de este reporte, se contabilizaron más de 41 mil víctimas mortales, un número incontable de heridos y más de 6 mil edificios colapsados en las zonas afectadas. Las figuras 1.1 a 1.6 dan una idea del tamaño de destrucción. En la Figura 1.1 se puede apreciar que la mayoría de las construcciones ubicadas entre el canal de agua y la avenida tuvieron colapso o daño severo. Se observa que las construcciones tienen entre 3 y 9 niveles. Entre otras causas varias, es probable que los daños se hayan debido a efectos de sitio. Las temperaturas bajas han complicado las labores de rescate. Además, la población duerme al aire libre debido a que muchas construcciones que no colapsaron quedaron muy dañadas, y existe el riesgo de colapso en muchas de ellas.



Figura 1.1. Vista aérea de una de las zonas afectadas en Hatay, Turquía (Reuters, 2023a).



Figura 1.2. Vista aérea de una de las zonas afectadas en Antakya, Turquía (NPR, 2023).



Figura 1.3. Vista aérea de una de las zonas afectadas en Gaziantep, Turquía (NNA, 2023).



Figura 1.4. Vista de zona afectada en Kahramanmaraş, Turquía (Canadian Dimension, 2023).

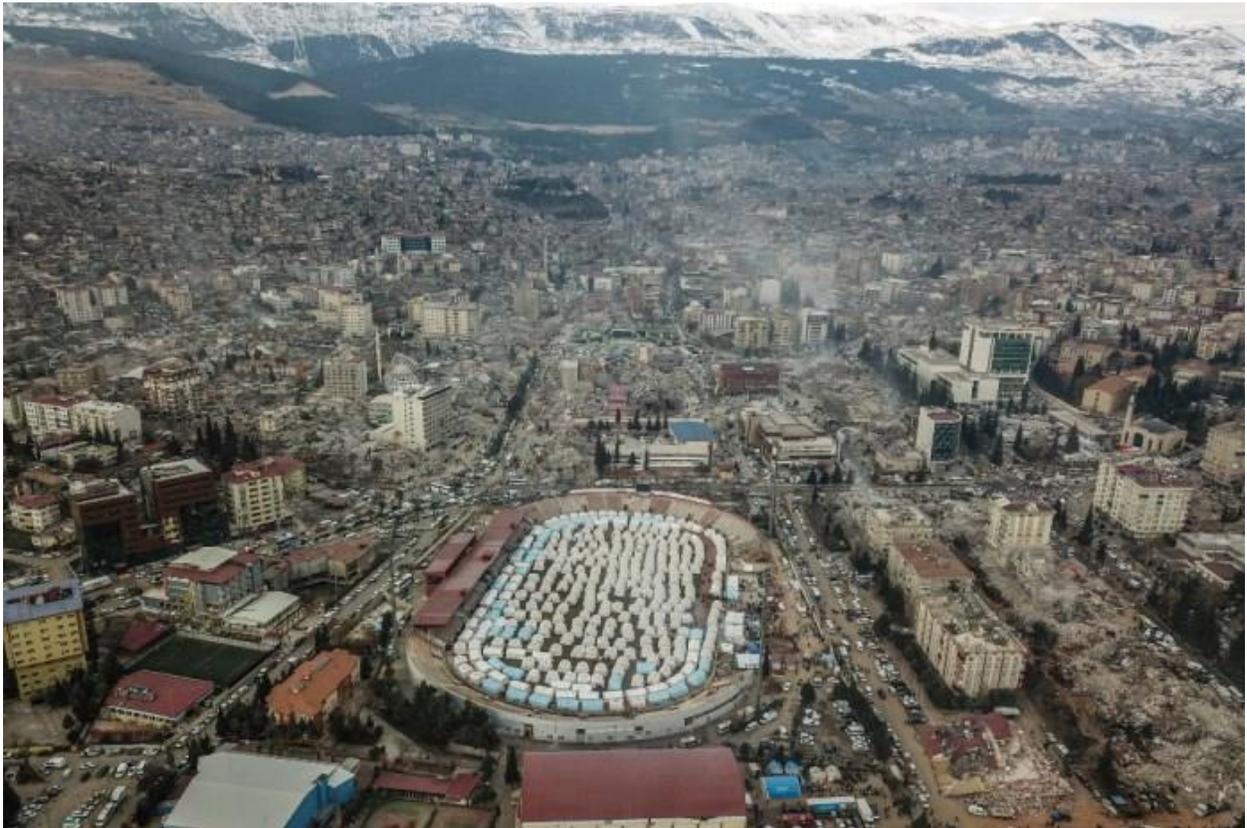


Figura 1.5. Vista aérea de otra zona afectada en Kahramanmaraş, Turquía (SCF, 2023).



Figura 1.6. Vista aérea de una zona afectada en Van, Turquía (NBCNews, 2023).

En este documento se presentan un reporte preliminar de los daños ocasionados por los terremotos. Se advierte al lector que la información se consultó principalmente en fuentes disponibles en línea, por lo que la información debe ser cuidadosamente leída e interpretada. Primero se inicia con la descripción de algunos aspectos sismológicos de los terremotos. Después se describen los registros sísmicos y sus espectros de respuesta. También, se presentan algunos daños en viviendas, escuelas, hospitales e infraestructura en general, y se analizan algunos casos de interés.

Cabe mencionar que al final de cada capítulo se presenta una lista de referencias en donde se consultó la información. También, en los capítulos 9 y 10 se ofrecen listas de ligas con acceso a videos y documentos que se consideraron de interés. En el último capítulo se ofrecen algunos comentarios finales.

Referencias del capítulo 1

- Reuters (2023). “Rescuers dig through rubble as Turkey-Syria quake death toll passes 7,800”. Página web: <https://www.reuters.com/world/middle-east/turkey-quake-rescue-teams-comb-through-wreckage-iskenderun-hospital-2023-02-06/>, fecha de consulta: 11/feb/2023.
- NPR (2023). “Syrian refugees starting over in Turkey are hit hard by the earthquake”. Página web: <https://www.npr.org/2023/02/09/1155632055/syrian-refugees-starting-over-in-turkey-are-hit-hard-by-the-earthquake>, fecha de consulta: 11/feb/2023.
- NNA (2023). “Survivors of Earthquake in Turkey Suffer from Extreme Cold in Gaziantep”. Página web: <https://www.nna-leb.gov.lb/en/regional/593597/survivors-of-earthquake-in-turkey-suffer-from-extr>, fecha de consulta: 11/feb/2023.
- Canadian Dimension (2023). “Why Turkey was ill-prepared for the Kahramanmaras earthquake”. Página web: <https://canadiandimension.com/articles/view/why-turkey-was-ill-prepared-for-the-kahramanmaras-earthquake>, fecha de consulta: 11/feb/2023.
- SCF (2023). “Turkey earthquake raises questions about building standards”. Página web: <https://stockholmcf.org/turkey-earthquake-raises-questions-about-building-standards/> , fecha de consulta: 11/feb/2023.
- NBCNews (2023). “Anger grows in Turkey as earthquake death toll passes 20,000 and rescue hopes dwindle”. Página web: <https://www.nbcnews.com/news/world/earthquake-turkey-syria-updates-anger-death-toll-grows-rcna69854>, fecha de consulta: 11/feb/2023.

2 Aspectos sismológicos

2.1 Placas tectónicas y zonas de falla en Turquía

Turquía es un país con unas condiciones sismológicas complejas. Debido a su ubicación en el geográfica, en el país convergen diferentes placas tectónicas que originan una serie de fallas geológicas que vuelven a la región en una de las más activas del mundo. Esta condición se puede observar en la Figura 2.1, donde se señalan las placas tectónicas cercanas al territorio turco y se representan las fallas geológicas por medio de líneas de color rojo. Tal como muestra la figura, la mayor parte de Turquía se encuentra sobre la placa de Anatolia, en la cual convergen las placas Euroasiática, del Mar Egeo, Africana y Árabe. La placa de Anatolia presenta un movimiento hacia el oeste debido al movimiento de subducción del Arco Helénico y al movimiento en dirección norte de las placas Africana y Árabe (Taymaz et al., 2004). Asimismo, las fallas más importantes del país se agrupan en dos regiones: la Zona Norte de la Falla de Anatolia (ZNFA) y la Zona Este de la Falla de Anatolia (ZEFA). De entre las dos zonas de falla, la ZNFA es aquella de mayor actividad. En su trayecto de 1,500 km. Dicha falla cruza importantes centros urbanos (como Estambul) y presenta desplazamientos estimados de 25 mm/año (Taymaz et al., 2004). Por su parte, la parte principal de la ZEFA presenta una extensión de aproximadamente 580 km (Emre et al., 2018). Esta zona de fallas se desplaza entre 10 y 11 mm/año (Şentürk et al., 2019) y había presentado un número reducido de sismos en los últimos 120 años (Ambraseys, 1989). Ambos sistemas de fallas, la ZNFA y la ZEFA, se intersecan en la provincia turca de Bingöl (Sayın et al., 2021), al este del país.



Figura 2.1. Fallas y placas tectónicas que convergen en territorio turco.

De acuerdo con datos del Banco Mundial (Banco Mundial, 2023), la población de Turquía en el año 2021 era de 84,775,404 de habitantes. Al contar el país con una extensión de 783.562 km², este presenta una densidad poblacional media de 108 habitantes/km². En la Figura 2.2 se muestra la densidad poblacional de Turquía de acuerdo con datos del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS, 2023). De la figura se observa que los mayores centros poblacionales son Estambul y Ankara, encontrándose la primera de estas dos ciudades en las cercanías de la ZNFA. En lo que respecta a la ZEFA, ésta bordea varias poblaciones con densidad alta.

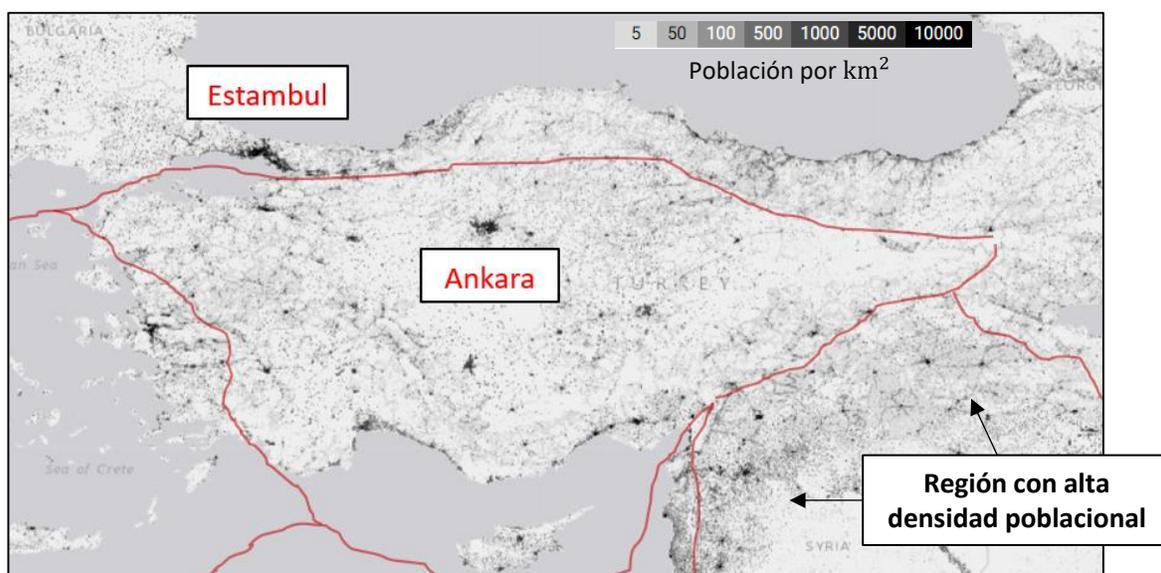


Figura 2.2. Densidad población de Turquía. (Fuente: USGS, 2023).

2.2 Registros históricos de sismos en Turquía

Los epicentros, con las profundidades de sus focos, de 1088 sismos con $M_w > 5.0$ que han ocurrido en Turquía desde 1950 se muestran en la Figura 2.3 (USGS, 2023). Como se puede observar, la mayoría de los sismos en el país tienen lugar en su región occidental, mientras que el resto se concentra en las ZNFA y ZEFA. Con relación a estas zonas de fallas, históricamente la más activa de las dos es la ZNFA, considerándose a la ZEFA como una región de actividad sísmica menos severa. Allí ha ocurrido un número limitado de sismos de mediana magnitud desde el último siglo (Ambraseys, 1989).

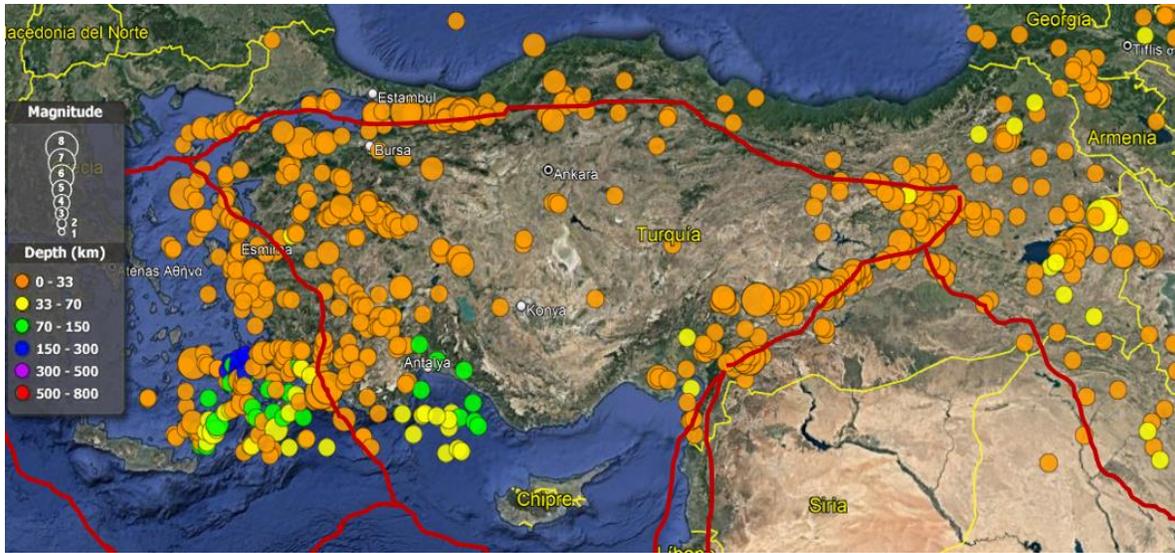


Figura 2.3. Epicentros de sismos con $M_w > 5.0$ en Turquía desde 1950 (USGS, 2023).

Adicionalmente, en las Figuras 2.4 y 2.5 se presentan los histogramas de la magnitud y profundidad del foco de los 1,088 sismos ocurridos en la región desde 1950, respectivamente. Según los registros, han ocurrido 996 sismos con una intensidad $5.0 \leq M_w \leq 6.0$; 78 sismos con intensidades $6.0 \leq M_w \leq 7.0$; y 15 sismos con intensidades $M_w \geq 7.0$ en las últimas 7 décadas. En lo que respecta a las profundidades de los focos, 993 de los sismos registrados han presentado una profundidad menor o igual a 45 km, siendo aquellos con profundidades mayores mucho más infrecuentes.

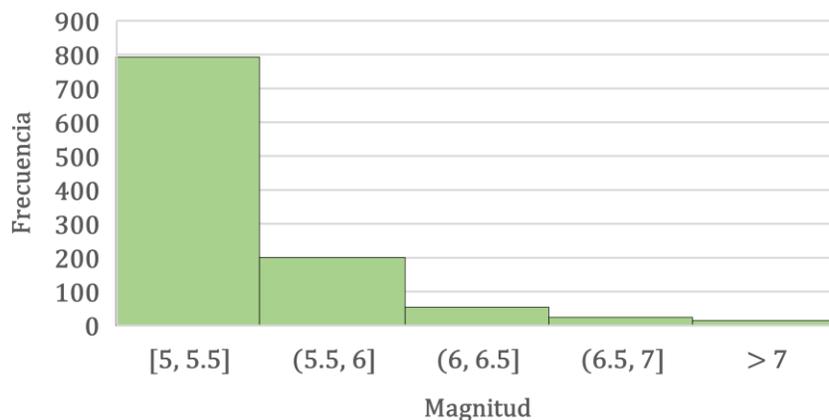


Figura 2.4. Magnitud de los sismos en Turquía desde 1950.

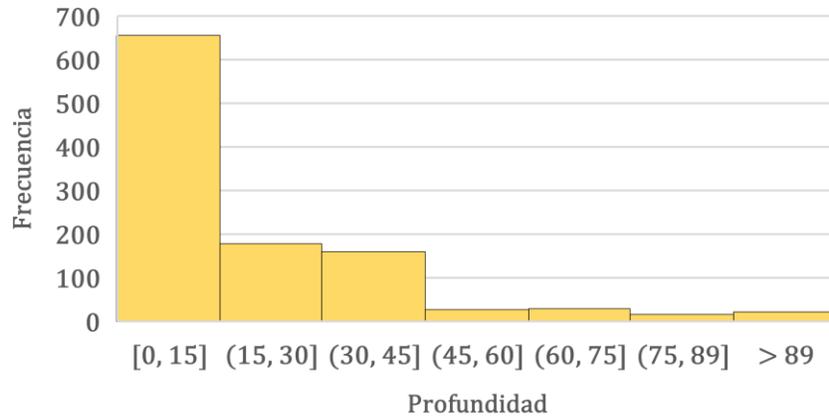


Figura 2.5. Profundidad de los sismos en Turquía desde 1950.

En la Figura 2.6 se muestran los epicentros de aquellos sismos que han ocurrido en Turquía con una magnitud $M_w > 7.0$ desde 1900. Como se puede apreciar, han ocurrido 27 sismos de gran magnitud en Turquía en los últimos 120 años, encontrándose muchos de éstos en la ZNFA. Las fechas, ubicación de epicentro, coordenadas geográficas, profundidad de foco y magnitud de estos sismos se presentan en la Tabla 2.1.



Figura 2.6. Registros de sismos con $M_w > 7.0$ en Turquía desde 1900 (USGS, 2023).

Tabla 2.1. Eventos sísmicos importantes en Turquía desde 1900 (USGS, 2023).

No	Epicentro	Año	Latitud	Longitud	Profundidad, km	Magnitud	Tipo de magnitud
1	Ekinözü, Turquía	2023	38.0235	37.203	10	7.5	mww
2	Nurda, Turquía	2023	37.1662	37.0421	18	7.8	mww
3	Néon						
3	Karlovásiön, Turquía	2020	37.8973	26.7838	21	7	mww
4	Van, Turquía	2011	38.721	43.508	18	7.1	mww
5	Düzce, Turquía	1999	40.758	31.161	10	7.2	mwc
6	Derince, Turquía	1999	40.748	29.864	17	7.6	mwc
7	Van, Turquía	1976	39.121	44.029	36	7.3	ms
8	Gediz, Turquía	1970	39.098	29.57	25	7.23	mw
9	Hendek, Turquía	1967	40.751	30.8	30	7.29	mw
10	Düzce, Turquía	1957	40.73	31.09	25	7.09	mw
11	Sarigerme, Turquía	1957	36.405	28.699	35	7.3	mw
12	Sarigerme, Turquía	1957	36.493	28.829	35	7.1	mw
13	Amorgós, Grecia	1956	36.664	25.957	20	7.7	mw
14	Gönen, Turquía	1953	40.175	27.648	10	7.3	mw
15	Karaburun, Turquía	1949	38.718	26.48	15	7.16	mw
16	Karpathos, Grecia	1948	35.64	27.158	15	7.3	mw
17	Orta, Turquía	1944	40.66	32.998	30	7.6	mw
18	Ilgaz, Turquía	1943	40.867	33.651	20	7.5	mw
19	Ordu, Turquía	1942	40.907	36.744	10	7	mw
20	Erzincan, Turquía	1939	39.907	39.586	20	7.8	mw
21	Azerbaiyán Occidental, Irán	1930	38.108	44.727	15	7.1	mw
22	Brezovo, Bulgaria	1928	42.351	25.044	10	7.1	mw
23	Stara Zagora, Bulgaria	1928	42.351	25.641	10	7.1	mw
24	Soma, Turquía	1919	39.176	27.652	10	7	mw
25	Sivas, Turquía	1916	40.201	37.312	15	7	mw
26	Burdur, Turquía	1914	37.666	30.125	15	7.06	mw
27	Malkara, Turquía	1912	40.73	27.121	15	7.23	mw

Como también se observa en la Figura 2.6, la ZEFA no había generado sismos importantes hasta el 6 de febrero del 2023, fecha en que ocurrieron con unas cuantas horas de diferencia dos sismos con magnitudes de 7.8 y 7.5, cuyos epicentros se ubicaron en Nurdagi y Ekinözü, respectivamente. A pesar de existir pocos eventos recientes de sismos de magnitud alta, asociados a la ZEFA, esto no significa que dichos eventos fueran desconocidos ya que hay registros de sismos importantes en la región con una antigüedad de hasta 500 años (Taymaz et al., 1991). Tal como indica Ambraseys (1989), esta cantidad de información limitada, a corto plazo, sobre la actividad sísmica de la ZEFA provoca que la evaluación del riesgo sísmico en la región no sea confiable.

2.3 Zona Este de la Falla de Anatolia (ZEFA)

La ZEFA es una zona de fallas geológicas con una longitud aproximada de 580 km que existe entre las placas de Anatolia y Árabe. La ZEFA se compone de seis segmentos de fallas cuyos nombres, de Oeste a Este, son: 1) Antakya-Turkoglu, 2) Turkoglu-Golbasi, 3) Golbasi-Celikhan, 4) Sincik-Hazar, 5) Hazar-Palu y 6) Bingol-Karlioiva (Italiano et al., 2013). En la Figura 2.7 se muestran de manera esquemática la ZEFA con los segmentos antes mencionados. De acuerdo con Duman y Emre (2013) estos segmentos presentan una longitud que varía de 31 a 112 km, además de un rumbo que varía de Este – Oeste hasta N75°E.

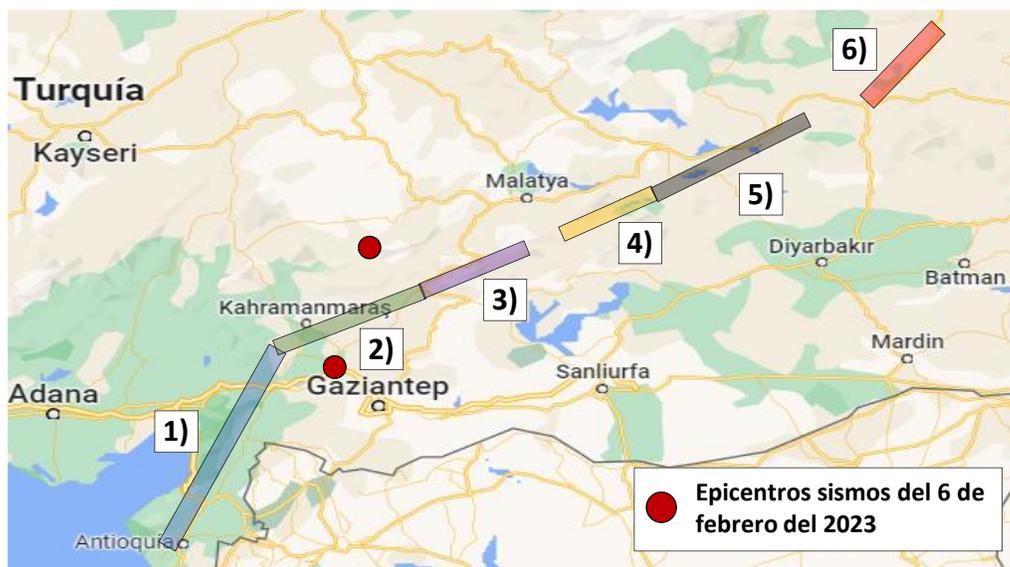


Figura 2.7. Esquema de la Zona Este de la Falla de Anatolia.

A pesar de que la ZEFA no había presentado grandes eventos sísmicos durante el último siglo, era precisamente la ausencia de estos eventos lo que hacía pensar que existiese una acumulación de esfuerzos en las fallas de la región. Para evaluar el riesgo de que eventos sísmicos severos se desarrollasen por estas condiciones, Nalbant et al. (2002) realizaron un estudio de la evolución histórica del estado de esfuerzos en la región. Para dicha evaluación se estudiaron las afectaciones en el estado de esfuerzos producto de eventos sísmicos ocurridos desde el año de 1822. Es importante señalar que esto está fundamentado en los resultados de otros estudios que concluyen que los eventos sísmicos pueden cambiar los estados de esfuerzos en zonas de fallas, incrementando o disminuyendo la actividad sísmica de la región (Jaumé y Sykes, 1996; Nalbant et al., 1998). Producto de su estudio, Nalbant et al. (2002) concluyeron que los niveles de esfuerzos presentes entre las ciudades de Kahramanmaras y Malatya hacían probable que en la región se desarrollase un evento sísmico con magnitud mayor que 7.3.

2.4 Mapas de intensidades

En las Figuras 2.8 y 2.9 se presentan los mapas de intensidad de los sismos del 6 de febrero de 2023, con epicentros en Nurdagi y Ekinözü, y que presentaron magnitudes de 7.8 y 7.5, respectivamente. Es importante indicar que estos mapas fueron obtenidos del USGS (2023). En los mapas de intensidad, los epicentros de los sismos son representados por medio de una estrella y se utiliza una escala de colores para indicar las intensidades del movimiento en diferentes regiones. Se aclara que los tonos rojos representan intensidades altas, mientras que los tonos azules denotan intensidades bajas.

De la Figura 2.8, correspondiente al sismo con magnitud 7.8 y epicentro en Nurdagi, se observa que el movimiento generó intensidades de severas a extremas en regiones interiores de Turquía además de en la frontera con Siria. En lo que respecta a las intensidades entre moderadas y muy fuertes, éstas pudieron sentirse en la región turca bordeada por las ciudades de Adana, Elazig y Diyarbakir, así como en los alrededores de la ciudad siria de Aleppo. Asimismo, se puede apreciar que todas aquellas regiones que se encontraban a más de 200 km del epicentro sintieron una intensidad baja del sismo.

El mapa de intensidad del sismo con magnitud 7.5, cuyo epicentro se ubicó en Ekinözü, se presenta en la Figura 2.9. Este puede ver que se experimentaron intensidades fuertes o superiores en la

región turca bordeada por las ciudades de Adana, Kayseri, Malatya y Gaziantep. Debido a que el epicentro de este sismo se encontraba alejado de la frontera entre Siria y Turquía, el temblor produjo principalmente intensidades de moderadas a bajas en Siria. Nuevamente, aquellas regiones que se encontraban a una distancia de entre 150 a 200 km del epicentro experimentaron intensidades bajas.

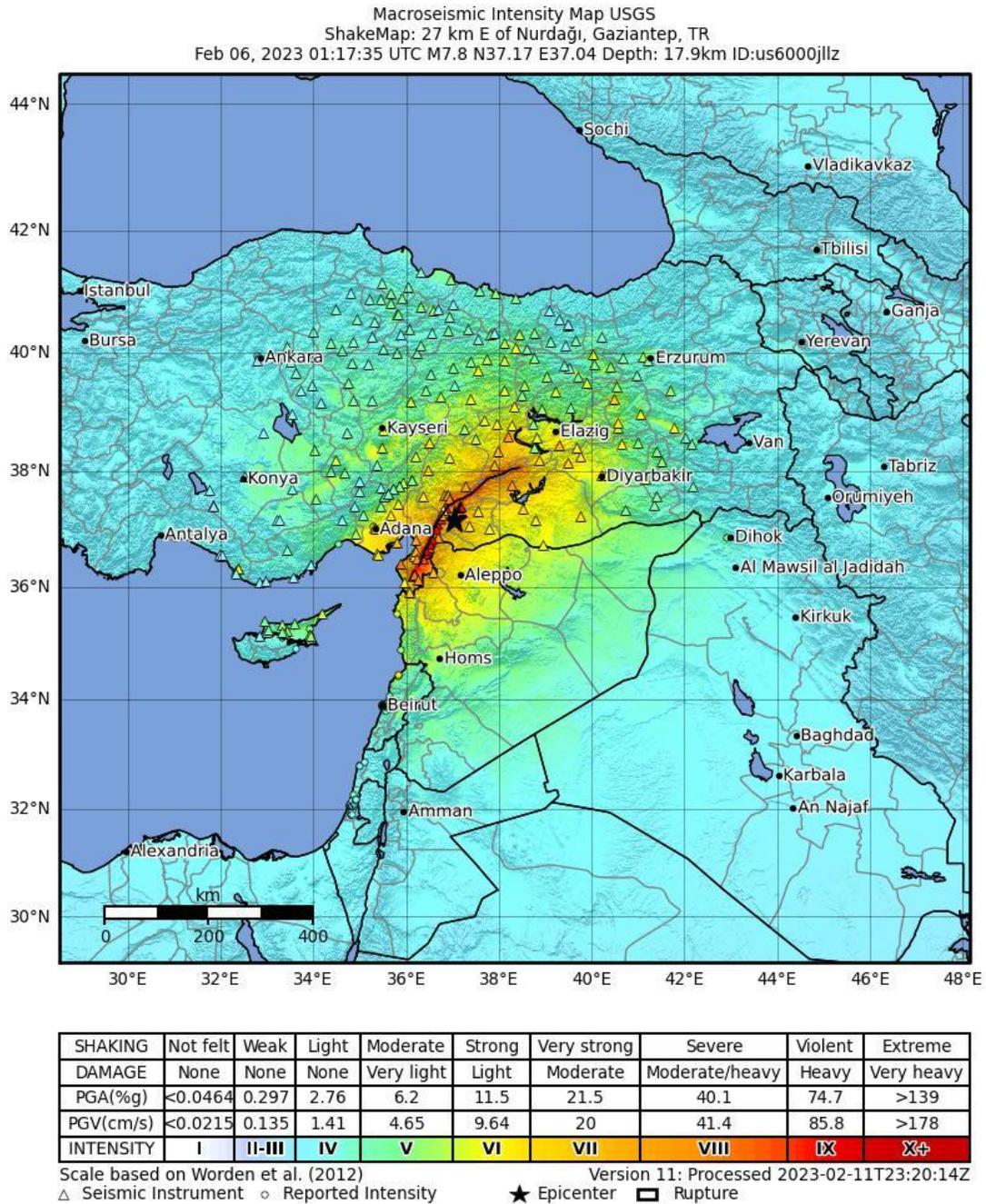


Figura 2.8. Mapa de intensidades del sismo de magnitud 7.8 (USGS, 2023).

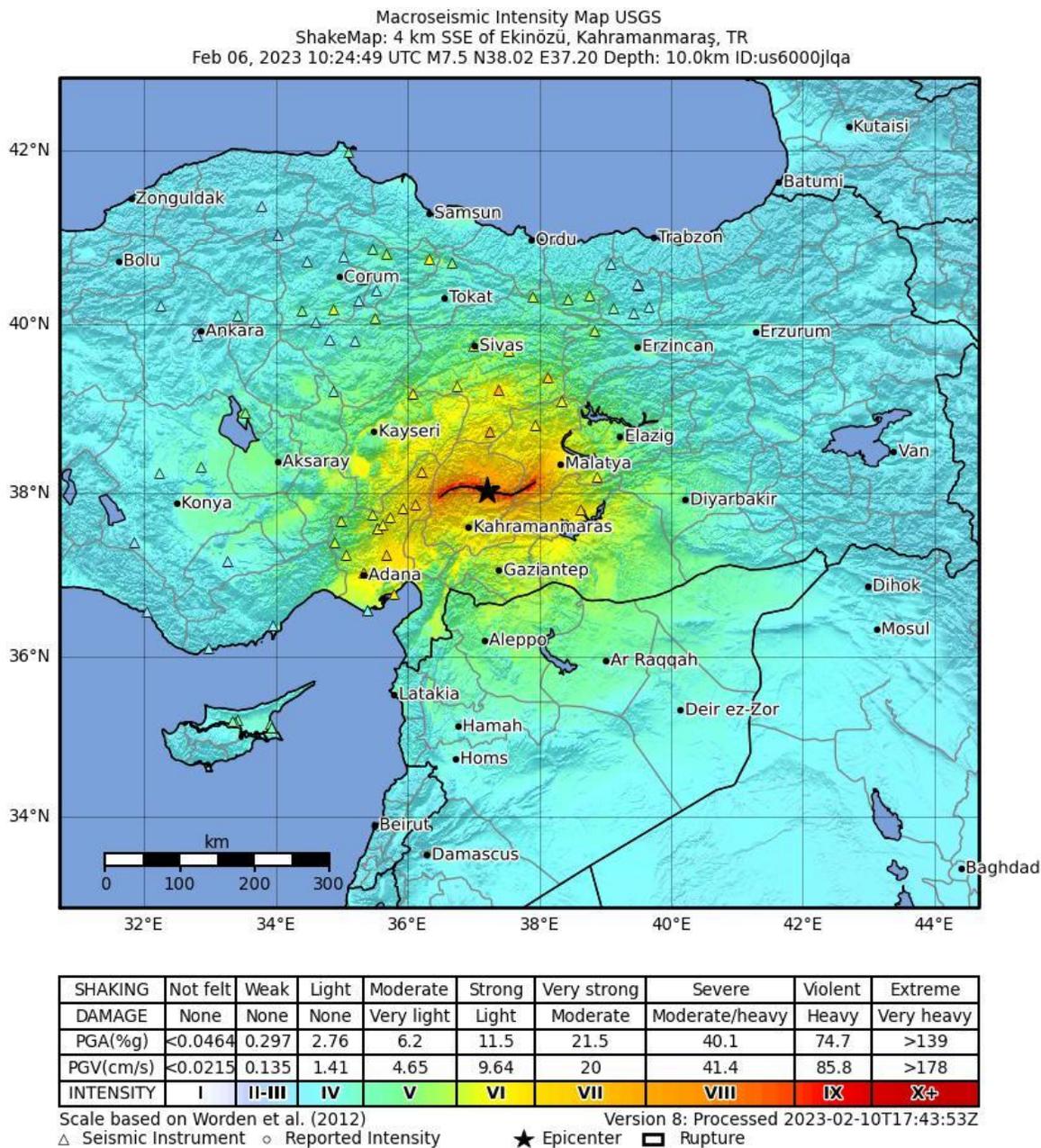


Figura 2.9. Mapa de intensidades del sismo de magnitud 7.5 (USGS, 2023).

Además de brindar los mapas de intensidad, la información recopilada por el USGS (2023) también describe las aceleraciones originadas por ambos sismos. Los valores de las aceleraciones máximas de piso (o *Peak Ground Acceleration, PGA*) producidas por los sismos de magnitud 7.8

y 7.5, y la distancia de ruptura, se muestran en las figuras 2.10 y 2.11, respectivamente. Obsérvese que los ejes de ambas gráficas se encuentran en escala logarítmica y que el valor de las aceleraciones está en términos de la gravedad (g). De la información se observa que el sismo con epicentro en Nurdagi (magnitud 7.8), produjo valores de PGA de hasta $160\%g$, esto para distancias de ruptura de hasta 30 km. Asimismo, los valores de PGA fueron menores a $20\%g$ para distancias de ruptura mayores a 100 km. En lo que respecta al sismo de Ekinözü (magnitud de 7.5), este produjo aceleraciones mucho menores con un valor máximo registrado de $20\%g$ para una distancia de ruptura de entre 40 y 100 km. Más allá de los 100 km, los valores de PGA eran iguales o menores a $10\%g$.

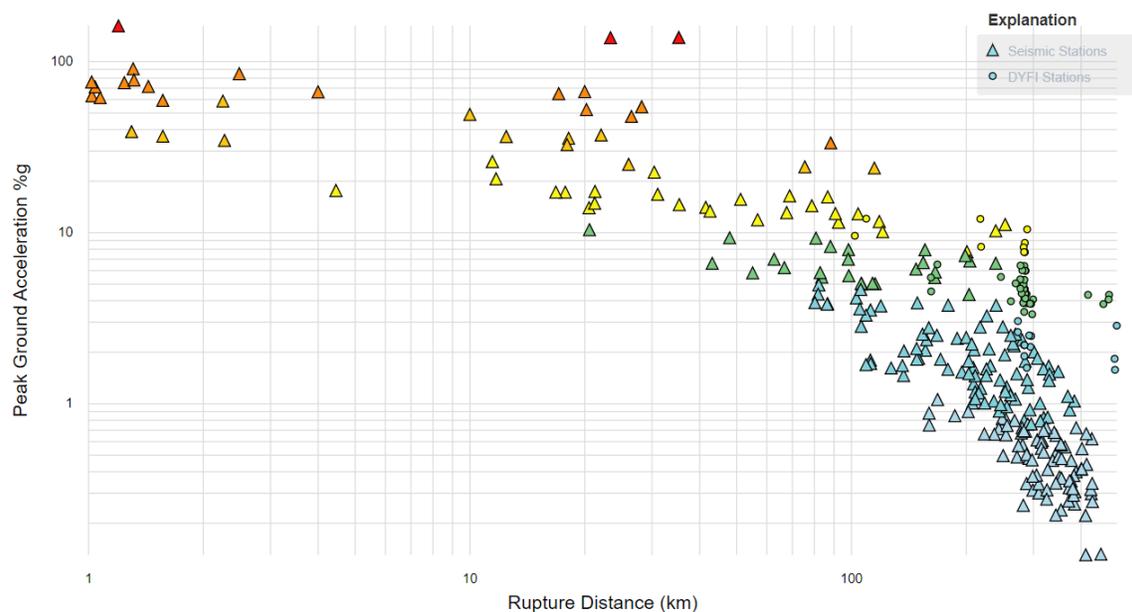


Figura 2.10. Distancia de ruptura y aceleración máxima de piso para el sismo magnitud 7.8 (USGS, 2023).

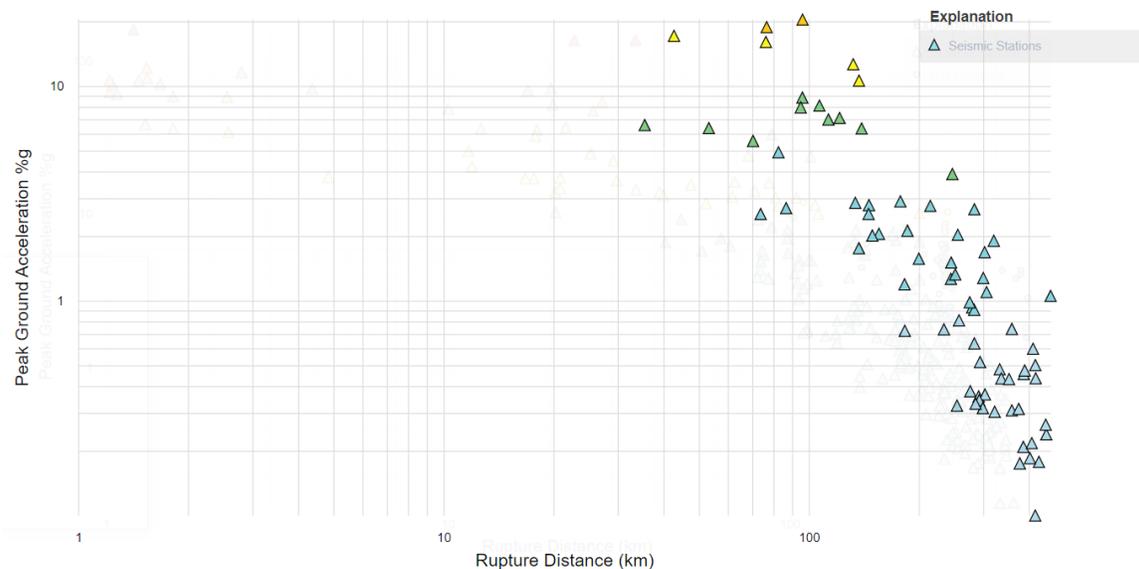


Figura 2.11. Distancia de ruptura y aceleración máxima de piso para el sismo magnitud 7.5 (USGS, 2023).

Referencias del capítulo 2

- Ambraseys, N. N. (1989) ‘Temporary seismic quiescence: SE Turkey’, *Geophysical Journal International*, 96(2), pp. 311–331. doi: 10.1111/j.1365-246X.1989.tb04453.x.
- Banco Mundial (2023) Turquía. Data. Available at: <https://datos.bancomundial.org/country/TR> (Accessed: 12 February 2023).
- Duman, T. Y. and Emre, Öm. (2013) ‘The east anatolian fault: Geometry, segmentation and jog characteristics’, *Geological Society Special Publication*, 372(1), pp. 495–529. doi: 10.1144/SP372.14.
- Emre, Ö. et al. (2018) ‘Active fault database of Turkey’, *Bulletin of Earthquake Engineering*, 16(8), pp. 3229–3275. doi: 10.1007/s10518-016-0041-2.
- Italiano, F. et al. (2013) ‘Thermal fluids along the East Anatolian Fault Zone (EAFZ): Geochemical features and relationships with the tectonic setting’, *Chemical Geology*, 339, pp. 103–114. doi: 10.1016/j.chemgeo.2012.07.027.

- Jaumé, S. C. and Sykes, L. R. (1996) ‘Evolution of moderate seismicity in the San Francisco Bay region, 1850 to 1993: Seismicity changes related to the occurrence of large and great earthquakes’, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 101(1), pp. 765–789. doi: 10.1029/95jb02393.
- Nalbant, S., Hubert, A. and King, G. C. P. (1998) ‘Stress coupling between earthquakes in northwest Turkey and the north Aegean Sea’, *Journal of geophysical research*, 103, pp. 469–486.
- Nalbant, S. S. et al. (2002) ‘Stress accumulation and increased seismic risk in Eastern Turkey’, *Earth and Planetary Science Letters*, 195(3–4), pp. 291–298. doi: 10.1016/S0012-821X(01)00592-1.
- Sayın, E. et al. (2021) ‘24 January 2020 Sivrice-Elazığ, Turkey earthquake: geotechnical evaluation and performance of structures’, *Bulletin of Earthquake Engineering*, 19(2), pp. 657–684. doi: 10.1007/s10518-020-01018-4.
- Şentürk, S. et al. (2019) ‘Reactivation of the Adıyaman Fault (Turkey) through the Mw 5.7 2007 Sivrice earthquake: An oblique listric normal faulting within the Arabian-Anatolian plate boundary observed by InSAR’, *Journal of Geodynamics*, 131(March), p. 101654. doi: 10.1016/j.jog.2019.101654.
- Taymaz, T., Eyidoğan, H. and Jackson, J. (1991) ‘Source parameters of large earthquakes in the East Anatolian Fault Zone (Turkey)’, *Geophysical Journal International*, 106(3), pp. 537–550. doi: 10.1111/j.1365-246X.1991.tb06328.x.
- Taymaz, T., Tan, O. and Yolsal, S. (2004) ‘Active Tectonics of Turkey and Surroundings and Seismic Risk in the Marmara Sea Region’, *The Proceedings of IWAM04*. Available at: http://web.itu.edu.tr/~taymaz/docs/Taymaz_IWAM04_S3-09.pdf.
- USGS (2023) Earthquake Hazards Program. Available at: <https://earthquake.usgs.gov/> (Accessed: 12 February 2023).

3 Registros sísmicos, espectros de respuesta y de diseño, prácticas y procesos constructivos

3.1 Registros sísmicos

La Autoridad de Manejo de Desastres y Emergencia de Turquía (AFAD, por sus siglas en inglés) ha instalado una red sismológica en el país. En las figuras 3.1 y 3.2 se muestra la distribución geográfica de las estaciones del AFAD que registraron el terremoto de magnitud 7.5, mientras que en las figuras 3.4 y 3.4, se muestra la distribución geográfica de las estaciones del AFAD que registraron el terremoto de magnitud 7.8.

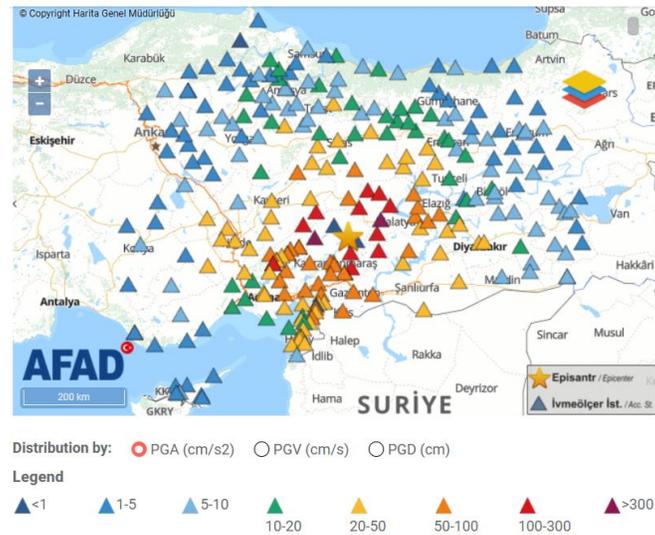


Figura 3.1. Distribución geográfica de *PGA* (cm/s²) del sismo de M7.5 registrado por AFAD.

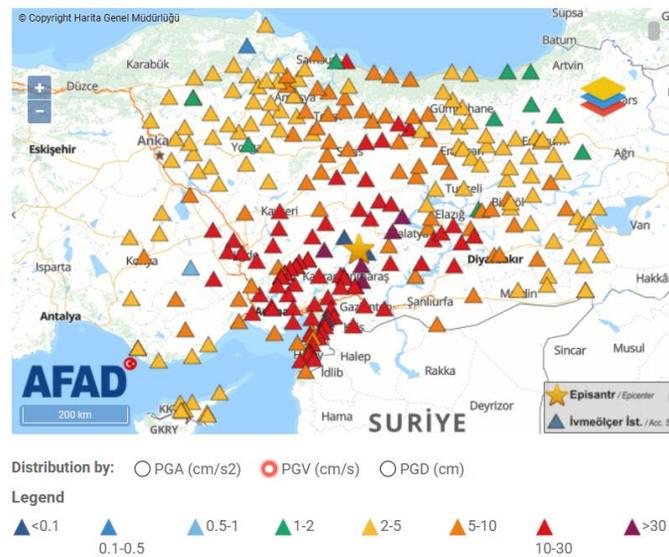


Figura 3.2. Distribución geográfica de *PGV* (cm/s) del sismo de M7.5 registrado por AFAD.

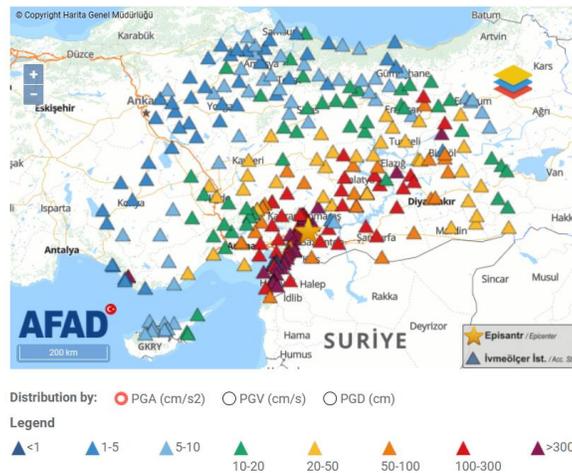


Figura 3.3. Distribución geográfica de *PGA* (cm/s²) del sismo de M7.8 registrado por AFAD.

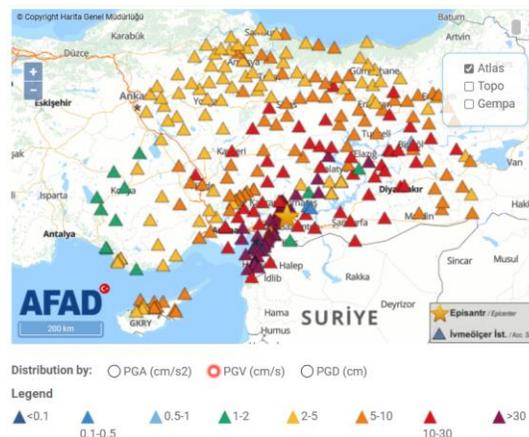


Figura 3.4. Distribución geográfica de *PGV* (cm/s) del sismo de M7.8 registrado por AFAD.

Es importante mencionar que AFAD cuenta con una base de datos con los registros sísmicos de los dos terremotos (ver <https://tadas.afad.gov.tr/list-event>). Cabe aclarar que cada estación registró tres direcciones del movimiento sísmico, es decir: Este-Oeste (EO), Norte-Sur (NS) y Vertical (Z). La Tabla 3.1 muestra un resumen de las intensidades sísmicas, en términos de aceleraciones máximas registradas en 25 estaciones de la red sísmica de Turquía. Los valores mayores, registrados durante los dos terremotos, fueron 0.65g en la dirección NS (estación 4612) y 1.82g en la dirección EW (estación 2708) para los sismos de M7.5 y M7.8, respectivamente. En un reporte

preliminar, publicado por Garini y Gazetas (2023), se observaron aceleraciones máximas de piso mayores a 2g. Mas adelante se presenta una descripción de ese informe preliminar.

Tabla 3.1. Aceleraciones registradas en las tres direcciones por las estaciones sismológicas.

Sismo de M7.5				Sismo de M7.8			
Estación	PGA [g]			Estación	PGA [g]		
	NS	EW	UD		NS	EW	UD
4612	0.65	0.53	0.50	2708	1.82	1.13	1.02
4406	0.48	0.42	0.32	3129	1.38	1.23	0.84
131	0.41	0.34	0.09	3126	1.23	1.05	1.09
4409	0.29	0.22	0.13	3117	0.99	1.11	1.13
3802	0.20	0.23	0.13	3141	0.98	0.89	0.74
4611	0.20	0.14	0.07	3138	0.91	0.76	1.32
4614	0.16	0.21	0.09	3125	0.84	1.14	1.17
4412	0.16	0.13	0.08	3135	0.76	1.40	0.60
4405	0.16	0.16	0.12	2718	0.72	0.66	0.60
129	0.16	0.18	0.09	3123	0.67	0.61	0.88
NAR	0.13	0.11	0.09	4616	0.67	0.51	0.40
213	0.12	0.13	0.07	3142	0.66	0.76	0.52
4410	0.11	0.13	0.06	NAR	0.66	0.59	0.41
2703	0.10	0.06	0.03	3145	0.61	0.71	0.68
5807	0.10	0.08	0.06	4615	0.60	0.57	0.68
141	0.08	0.21	0.08	3139	0.59	0.51	0.39
4414	0.08	0.06	0.04	3124	0.58	0.65	0.59
4613	0.08	0.08	0.08	2712	0.57	0.61	0.35
144	0.08	0.07	0.03	3136	0.54	0.41	0.22
130	0.08	0.08	0.04	3132	0.53	0.52	0.36
125	0.07	0.05	0.02	3146	0.49	0.35	0.35
2308	0.07	0.05	0.03	201	0.48	0.90	0.33
4620	0.07	0.08	0.06	2715	0.46	0.35	0.27
8002	0.07	0.05	0.03	3137	0.46	0.86	0.51
132	0.07	0.06	0.05	4625	0.46	0.49	0.37

Las figuras 3.5 y 3.6 ofrecen una comparación gráfica de los valores de *PGA* registrados para cada una de las direcciones EW, NS y Z en las estaciones de la Tabla 3.1. Cabe mencionar que las aceleraciones máximas registradas en la dirección vertical superaron el 50% de los valores de *PGA* en las direcciones NS o EO. Por ejemplo, en las estaciones 4612 y 2708 se registraron, respectivamente, aceleraciones de 77% y 56% de la aceleración horizontal. Seguramente ello provocó una amplificación de las solicitaciones sísmicas, causando daños significativos en las edificaciones. Los valores de las aceleraciones verticales se explican por la cercanía que existe entre las estaciones y las fallas sísmicas que provocaron el terremoto.

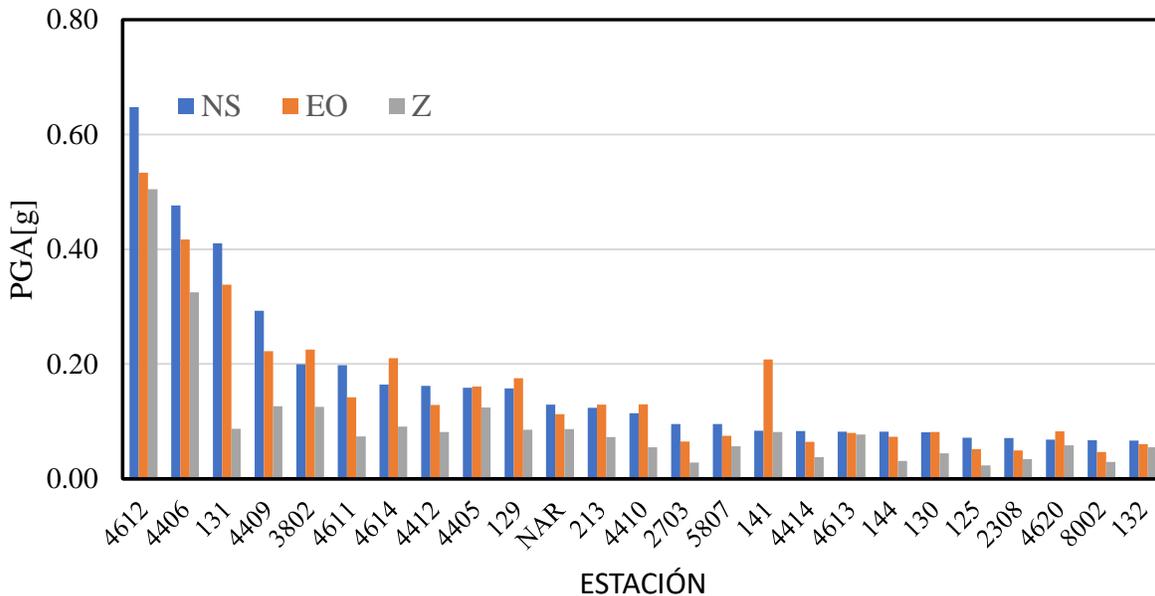


Figura 3.5. Comparación de los valores de aceleraciones en varias estaciones que registraron en el sismo de M7.5.

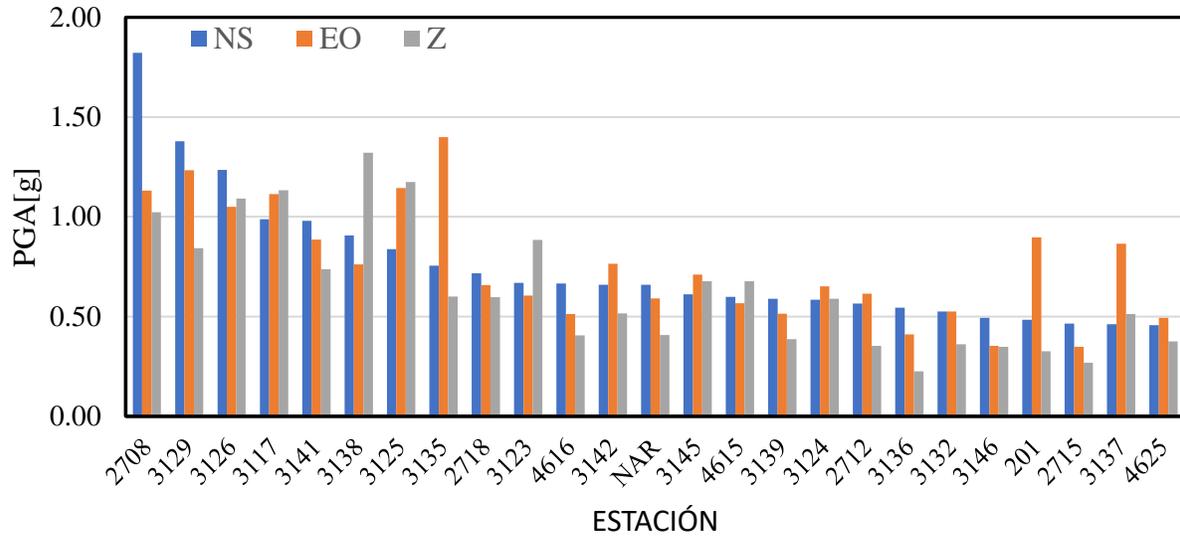


Figura 3.6. Comparación de los valores de aceleraciones en varias estaciones que registraron el sismo de M7.8.

Por considerarlo de interés, los registros de las estaciones 4612 y 2708, que registraron los valores mayores de aceleraciones en los dos terremotos, se grafican en las figuras 3.7 y 3.8, en términos de aceleraciones, velocidad y desplazamiento. Para cada intensidad sísmica, se grafican los valores registrados en las tres direcciones EO, NS y Z.

Componente EO

Componente NS

Componente Z

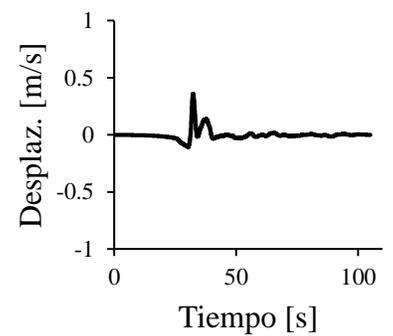
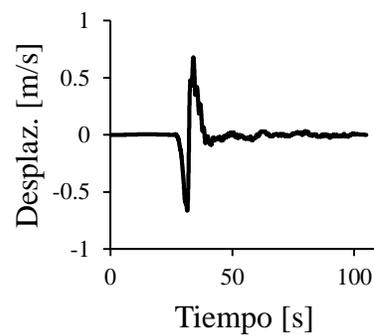
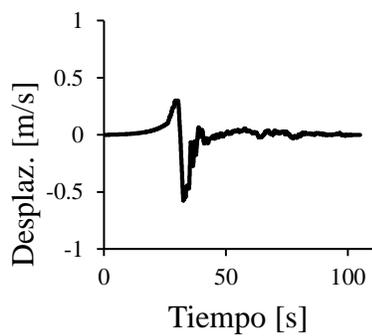
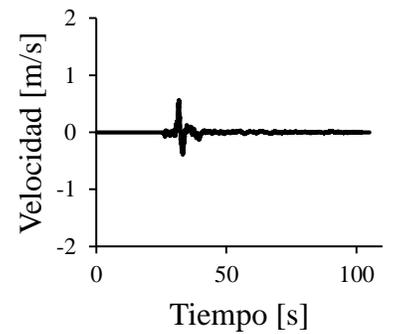
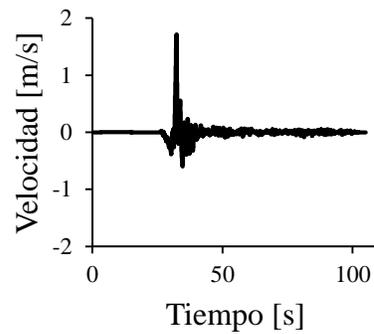
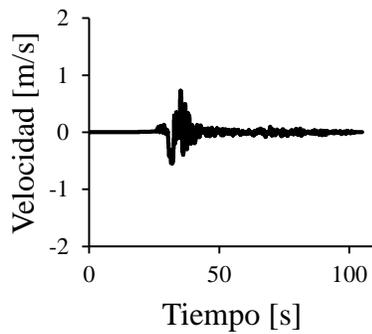
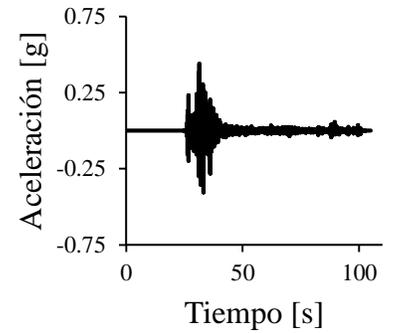
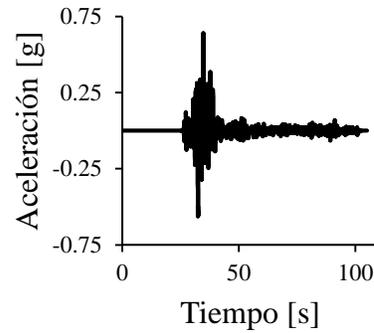
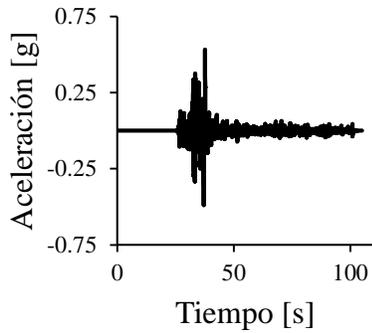


Figura 3.7. Registro de la estación 4612 durante el sismo de M7.5.

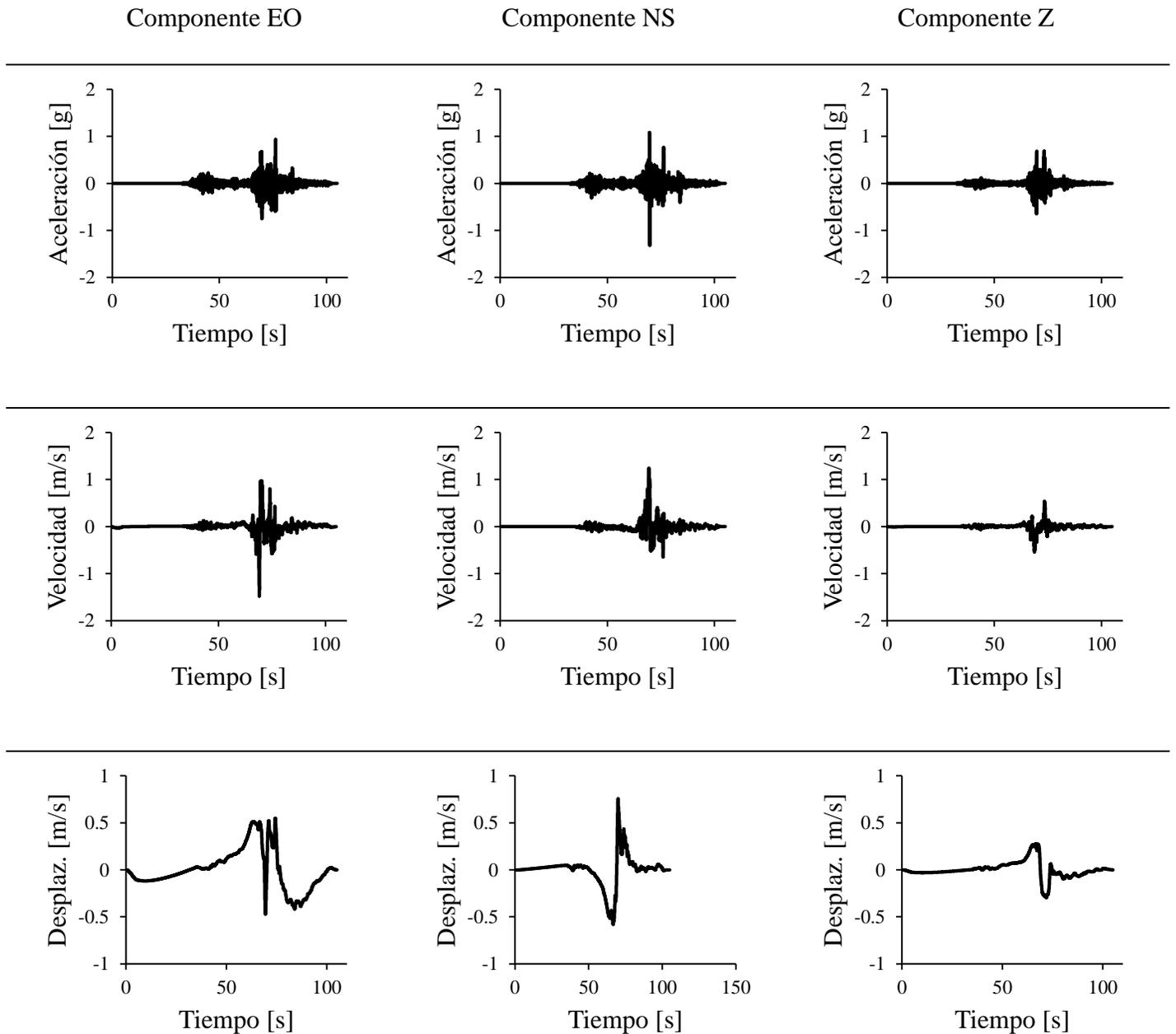


Figura 3.8. Registros de la estación 2708 durante el sismo de M7.8.

3.2 Espectros de respuesta

Los espectros de respuesta, en términos de aceleración, velocidad y desplazamiento, con base en los registros de la estación 4612 y 2708, respectivamente, se presentan en las figuras 3.9 y 3.10, considerando un valor de amortiguamiento del 5%. Los valores máximos de aceleración y

velocidad parecen indicar un periodo dominante del suelo de 0.65 segundos. Aunque solo se presentan gráficas de los espectros para las dos estaciones mencionadas, se ofrece en las Tabla 2. 2 y Tabla 2. 3, los parámetros para construir el espectro de respuesta a partir de los datos registrados por las otras estaciones consideradas.

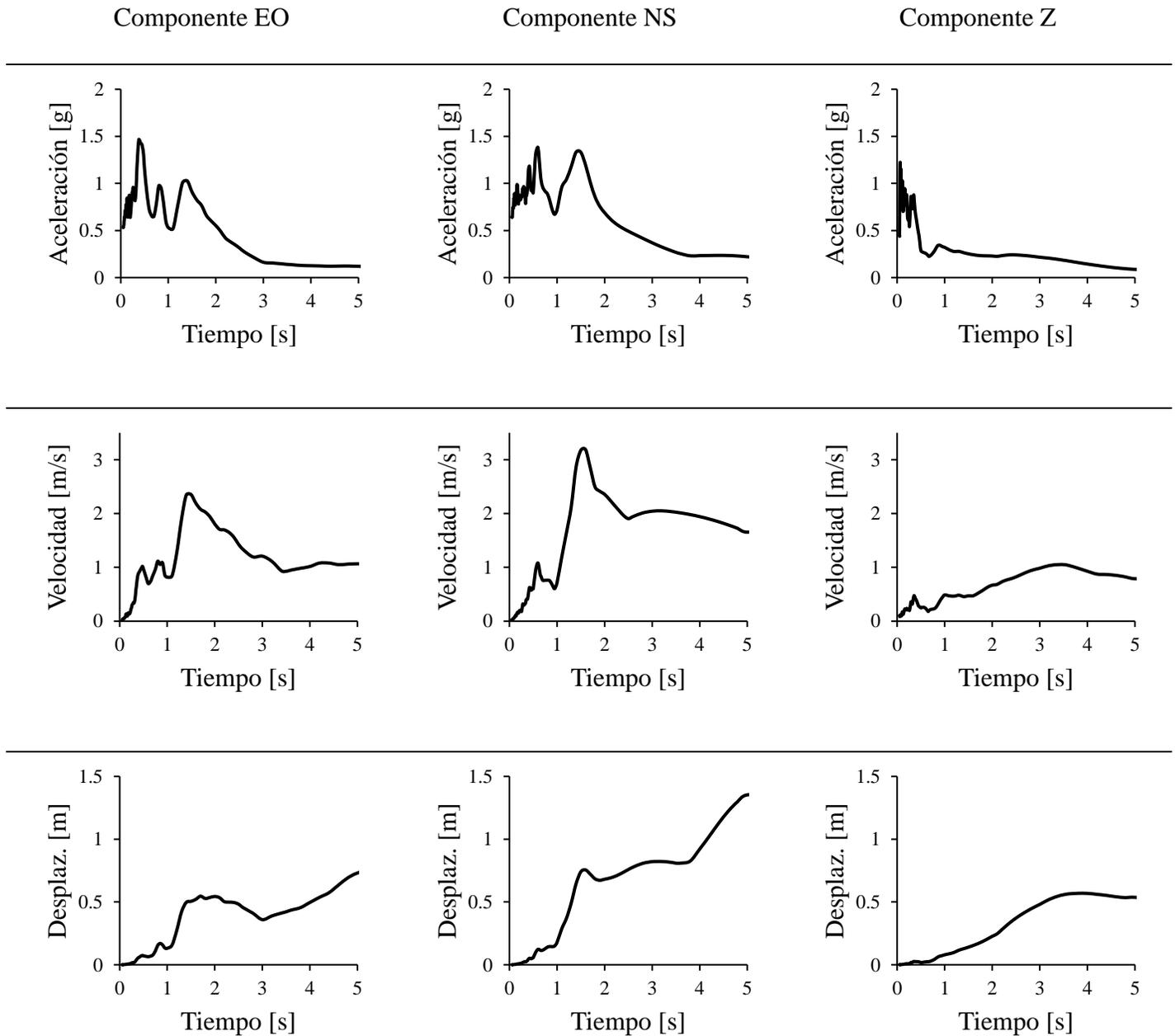


Figura 3.9. Espectros de respuesta del registro de la estación 4612 del sismo de M7.5.

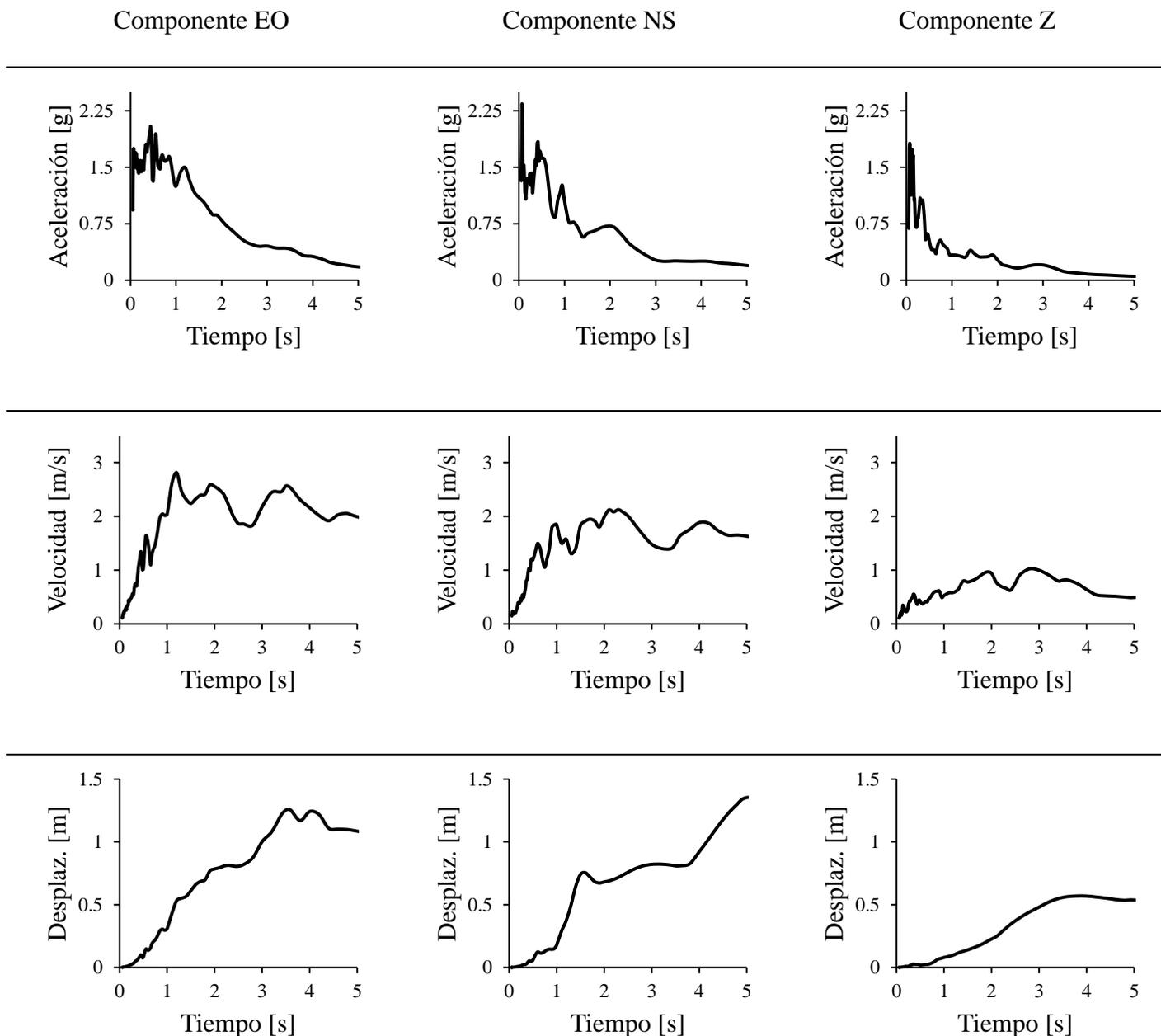


Figura 3.10. Espectros de respuesta del registro de la estación 2708 del sismo de M7.8.

3.3 Informe preliminar de Garini y Gazetas (2023)

Garini y Gazetas (2023) presentaron un informe preliminar sobre el terremoto de M7.8, donde reportaron valores de PGA superiores a 2g en la estación 4614 de la red sísmica del AFAD.

Ciertamente, estos valores deberán ser verificados y validados en el futuro. Los registros de aceleración, velocidad y desplazamiento para las direcciones EW, NS Y Z se presentan, respectivamente, en las figuras 3.12 y 3.13. Los espectros de pseudo-aceleración correspondientes se muestran en la Figura 3.14. Se aprecia que algunas ordenadas de pseudo-aceleración alcanzaron valores de hasta 7g.

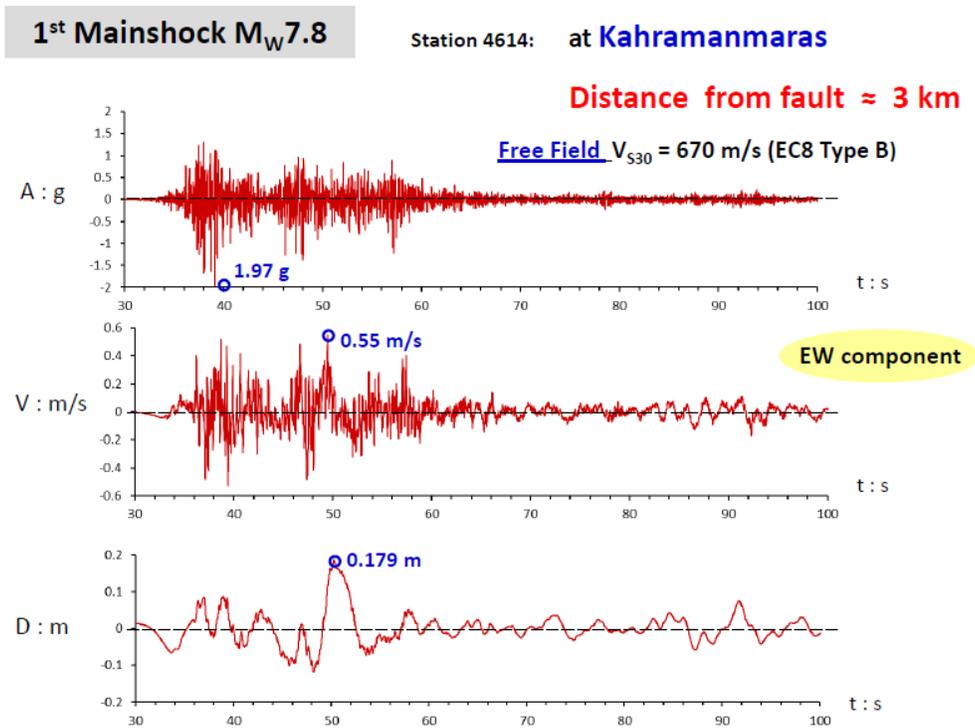


Figura 3.11. Registro de aceleraciones en la dirección EW reportado por Garini y Gazetas (2023) en su reporte preliminar del terremoto de M7.8.

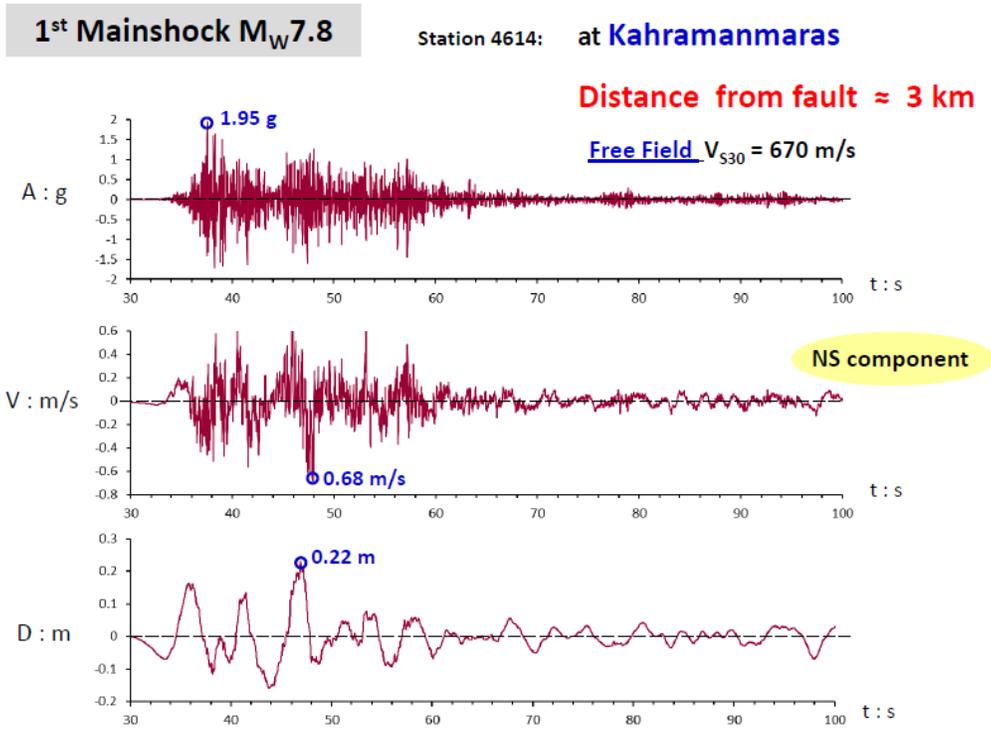


Figura 3.12. Registro de aceleraciones en la dirección NS reportado por Garini y Gazetas (2023) en su reporte preliminar del terremoto de M7.8.

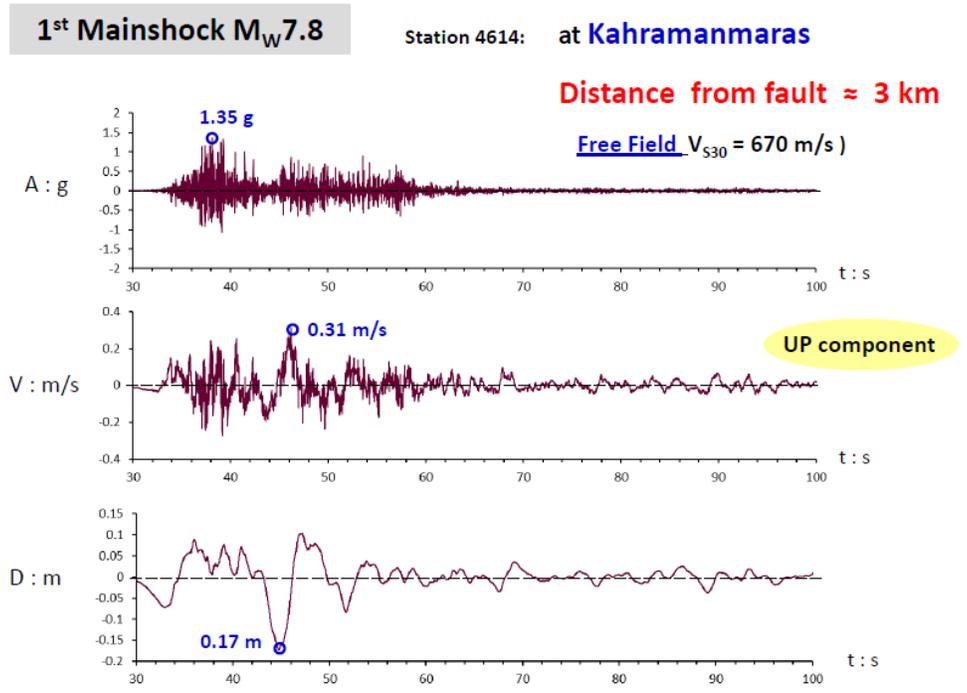


Figura 3.13. Registro de aceleraciones en la dirección UP reportado por Garini y Gazetas (2023) en su reporte preliminar del terremoto de M7.8.

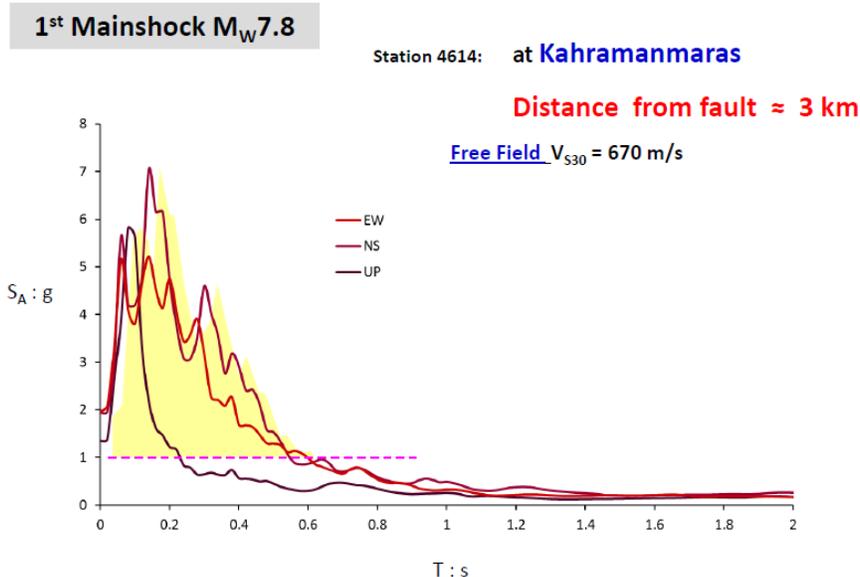


Figura 3.14.s Espectros de pseudo-aceleración en las direcciones EW, NS Y Z reportado por Garini y Gazetas (2023) en su reporte preliminar del terremoto de M7.8.

3.4 Espectros de diseño

Los reglamentos de construcción, en Turquía, se actualizan en periodos relativamente largos (Aksoylu, 2020). El primer reglamento de diseño sísmico de edificios de Turquía (TEC, por sus siglas en inglés) fue publicado en 1975. Posteriormente, fue actualizado en los años 1998 (TEC-1998), 2007 (TEC-2007) y 2018 (TBEC-2018). La versión vigente, TBEC-2018, contiene parámetros para calcular espectros de diseño con los que se deberían conceptualizar los edificios para que puedan tener un comportamiento adecuado frente a un sismo fuerte. En la Figura 3.18, se ofrece una comparación entre las ordenadas espectrales los espectros elásticos de diseño para diferentes tipos de suelos de Turquía y los espectros de aceleración de las figuras 3.9 y 3.10. Se ve claramente que, para todos los tipos de suelo, las ordenadas espectrales correspondientes a los registros de las estaciones 4612 y 2708 superan casi todos los valores de diseño.

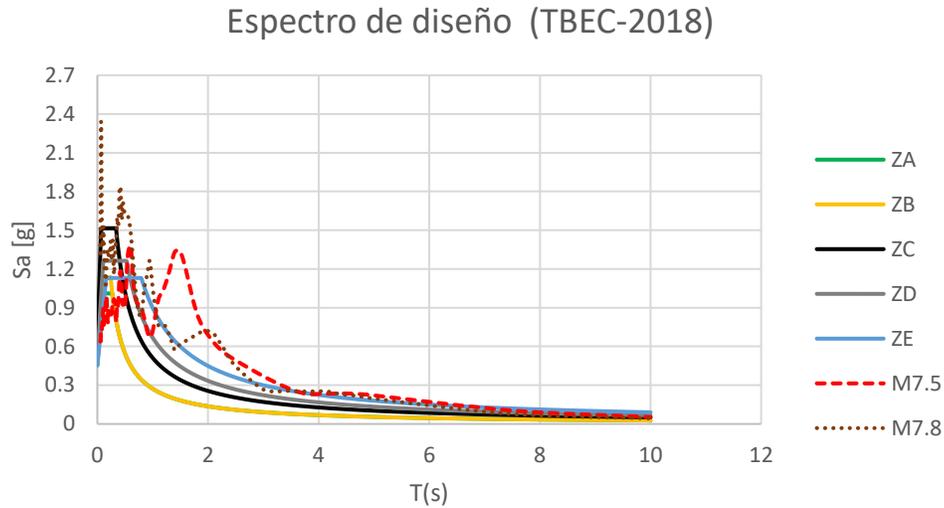


Figura 3.11. Comparación entre espectros elásticos de diseño para diferentes tipos de suelos y espectros de respuesta de registros de los sismos del 06 de febrero de 2023.

3.5 Prácticas y procesos constructivos

A raíz de los terremotos de magnitud M7.5 y M7.8 ocurridos en Turquía el 06 de febrero de 2023, el número de muertes confirmadas superó las 41.000 al momento de publicar este documento (15 de febrero de 2023), una semana después de que se produjera el sismo.

Durante los últimos años, investigadores y profesionales en diferentes áreas de la ingeniería advirtieron que muchos de los edificios nuevos que estaban siendo construidos en Turquía no cumplían con especificaciones de las normas de construcción vigentes. Según ellos, esta falta de cumplimiento de los reglamentos de construcción se debía a las políticas gubernamentales locales que permitieron las llamadas amnistías para los contratistas. Esos contratistas se desviaron de las normas de construcción con el fin de facilitar la producción a gran escala, pero sin un control adecuado en la calidad de las construcciones, incluso en regiones propensas a terremotos. Los miles de edificios colapsados de forma frágil durante los dos terremotos, dejaron evidencia de que el impacto de los sismos se magnificó por fallas constructivas.

Según un artículo publicado en BBC (2023a), un edificio de Malatya que se terminó de construir el año 2022 se colapsó, a pesar de que, según los propietarios, fue construido de acuerdo con las normativas de diseño sísmico vigentes en Turquía y con materiales y mano de obra primera

calidad. Otro edificio (Figura 3.12), cuya construcción se terminó en 2019 en la ciudad portuaria de Iskenderun quedó destruido.



Figura 3.12. Antes y después de un edificio de apartamentos de reciente construcción en Iskanderun (BBC, 2023a).

Otro edificio que se inauguró en Antakya en 2019 (Figura 3.13) también resultó gravemente dañado.



Figura 3.13. El complejo Gul u Bahce de Antakya resultó gravemente dañado por los sismos (BBC, 2023a).

Aunque los sismos fueron muy grandes, da la sensación de que los edificios, aunque dañados, no debieron colapsar. La falta de cumplimiento de la normativa sísmica es un tema que también comienza a cobrar relevancia en los medios de comunicación ahora (BBC, 2023b).

En la práctica, según BBC (2023d), el gobierno ha concedido “amnistías de construcción” periódicas a estructuras construidas sin estricto apego a las normas de construcción vigentes. Las amnistías son exenciones legales que se conceden con base en el pago de una tasa por el incumplimiento de los reglamentos. Según Pelin Pinar Giritloglu, responsable en Estambul de la Cámara de Urbanistas de la Unión de Cámaras de Ingenieros y Arquitectos de Turquía hasta 75,000 edificios en la zona afecta por el terremoto en el sur de Turquía han recibido amnistías de construcción. Por lo que tales amnistías suponían un riesgo de catástrofe en caso de un terremoto de gran magnitud. Las consecuencias se ven claramente con los miles de derrumbes que ocurrieron a raíz de los terremotos del 06 de febrero (Figura 3.14). Este incumplimiento de las leyes de construcción queda evidenciado en la que se aprecia el derrumbe de una edificación construida con materiales de mala calidad.

Ciertamente, las normas de diseño sísmico se han endurecido a raíz de catástrofes anteriores, como el terremoto ocurrido en 1999 cerca de la ciudad de Izmit, en el noroeste del país. Ese terremoto causó la muerte de 17000 personas. Sin embargo, pese a ello, parece ser que las normas actuales no se aplicaron de manera apropiada en el país (BBC, 2023d). Más del 50% de los edificios de Turquía se han construido infringiendo las normas de construcción según BBC (2023a). Además, ha habido poca preocupación por los edificios existentes, diseñados con normativas anteriores a 1999.



Figura 3.14. Fotografía de edificios dañados en Turquía (BBC, 2023a).



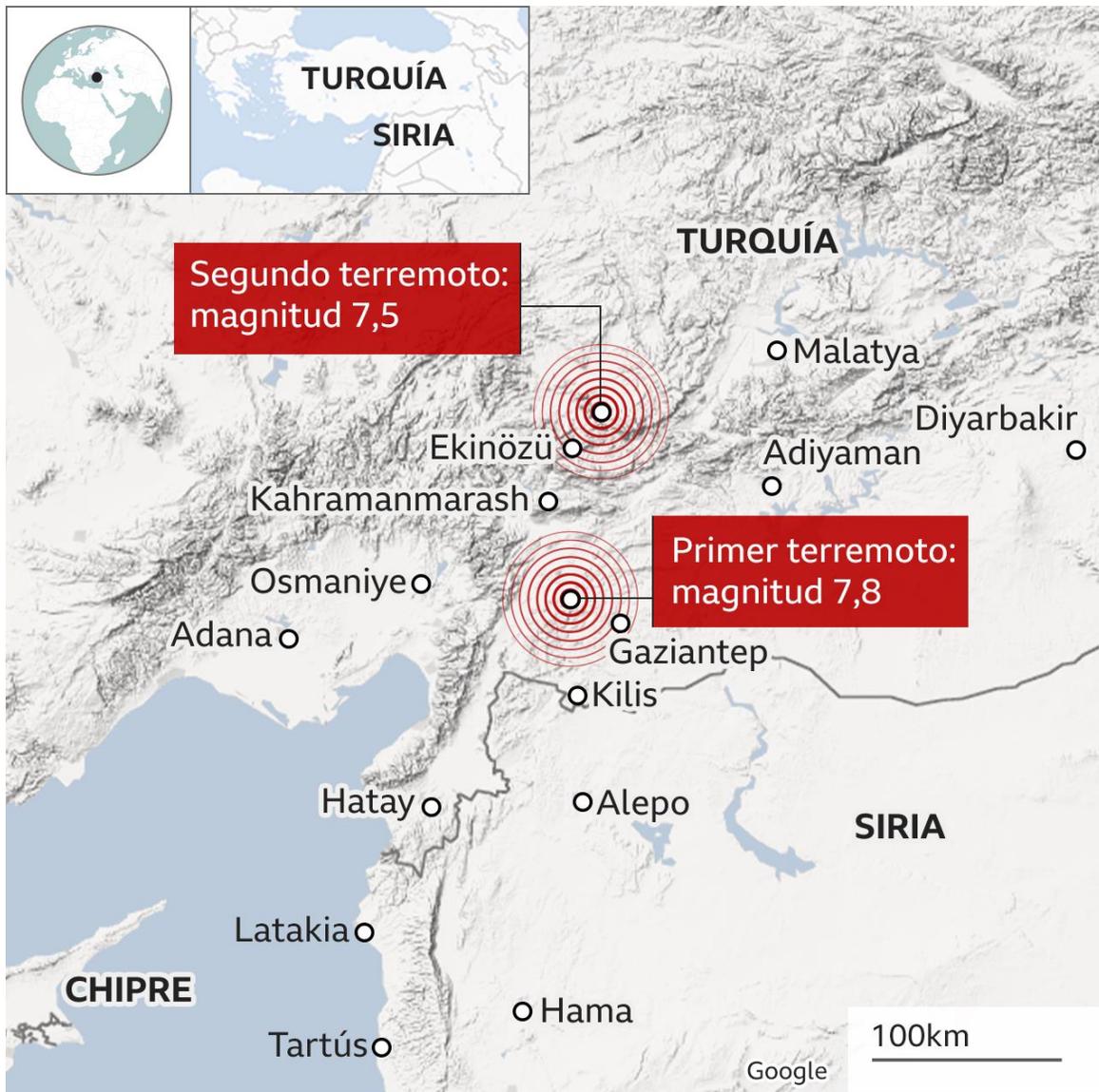
Figura 3.15. Imagen de una edificación derrumbada por el sismo (BBC, 2023c).

Referencias del capítulo 3

- Disaster and Emergency Management Authority. (1973). *Turkish National Strong Motion Network* [Data set]. Department of Earthquake, Disaster and Emergency Management Authority. <https://doi.org/10.7914/SN/TK>.
- BBC (2023). “Los edificios que no deberían haberse derrumbado en el terremoto de Turquía”. Página web: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-64576935>, fecha de consulta: 12/feb/2023.
- BBC (2023). “Por qué los terremotos de Turquía y Siria han sido tan mortíferos”. Página web: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-64544634>, fecha de consulta: 12/feb/2023.
- BBC (2023). “7 impactantes datos que muestran por qué el terremoto de Turquía y Siria ha sido uno de los más devastadores de las últimas décadas”. Página web: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-64561968>, fecha de consulta: 12/feb/2023.
- BBC (2023). “Terremotos en Turquía: enfrentamientos y arrestos en Turquía vinculados con el terremoto, que ya deja más de 30.000 muertos”. Página web: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-64616573>, fecha de consulta: 12/feb/2023.
- Ceyhun Aksoylu, Ahmed Mobark, Musa Hakan Arslan, Ibrahim Hakki Erkan “A comparative study on ASCE 7-16, TBEC-2018 and TEC-2007 for reinforced concrete buildings”, Researchgate, 2020.
- Evangelia Garini and George Gazetas “The 2 earthquakes of February 6th 2023 in Turkey” NTUA, Greece, 2023.

4 Daños en viviendas

Varios edificios de uso habitacional se dañaron o colapsaron durante los sismos del 06 de febrero, dejando una gran devastación en el sur de Turquía y el norte de Siria. En la Figura 4.1 se puede observar la ubicación de algunas de las ciudades cercanas a los epicentros de los sismos.



Fuente: INGV

Figura 4.1. Mapa de las ciudades cercanas a los epicentros de los sismos de 7.8 y 7.5 del 6 de febrero de 2023 en Turquía (BBC, 2023a)

Se han reportado más de 12 mil edificios dañados o colapsados debido a los sismos. En Turquía, las zonas más afectadas son ciudades como Hatay, Kahramanmaras y Gaziantep. Se reportan al menos 6,444 edificios colapsados en el país. En el noroeste de Siria, las ciudades más afectadas son Idleb y Alepo. Hasta el 8 de febrero, más de 2000 edificios han sido considerados como pérdida total y más de 5500 se encuentran parcialmente destruidos (OCHA, 2023a). En la Figura 4.2 se muestra un mapa de intensidades del primer sismo, con falla de aproximadamente 300 km de longitud.

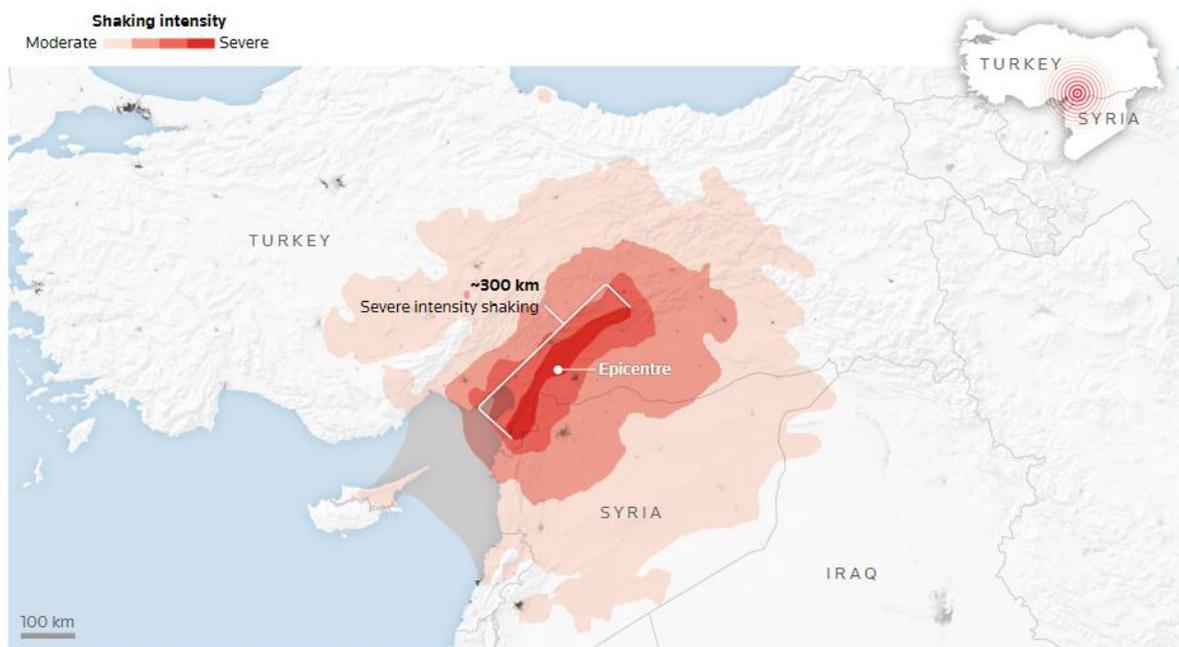


Figura 4.2 Mapa de intensidades del sismo de M7.8 del 06 de febrero de 2023 en Turquía (Reuters, 2023a).

Las consecuencias son bien conocidas. Como ejemplo, en la Figura 4.3 se puede observar el antes y después de los edificios en el pueblo de Harem, provincia de Idleb, Siria. En la imagen superior se observa la vista aérea de la zona del pueblo de Harem tomada antes de los sismos. Se aprecian algunos edificios del lado izquierdo. Posteriormente, en la imagen inferior se observa el colapso de varios de esos edificios y a los residentes buscando entre los escombros.



a) Antes



b) Después

Figura 4.3. Edificios colapsados en el pueblo de Harem, en Siria (El Financiero, 2023a).

También, en la Figura 4.4, se muestra el antes y después de la ciudad de Kahramanmaras, Turquía. La imagen superior muestra la vista aérea de la zona alrededor de la mezquita de Abdülhamid Han y sus edificios cercanos. En la imagen inferior se observa el colapso de varios edificios cercanos y a los equipos de rescate.



a) Antes



b) Después

Figura 4.4. Edificios colapsados en Kahramanmaras, en Turquía (El Financiero, 2023a).

4.1 Características y condiciones de las construcciones

En Turquía, las normas de construcción se han actualizado y hecho más estrictas tras eventos catastróficos anteriores, como la del sismo de 1999 cerca de la ciudad de Izmit. Las normas actuales exigen que las estructuras construidas en zonas sísmicas utilicen concreto de alta calidad reforzado con acero. También que las columnas y vigas deben estar distribuidas adecuadamente para disipar la energía de los sismos. Lamentablemente, estas normas no se han aplicado adecuadamente y varios edificios no cumplen con los requisitos establecidos. Incluso, algunos edificios cuentan con “amnistías de construcción” para seguir operando sin los certificados de seguridad exigidos (BBC, 2023b).

En el 2021, investigadores de varias universidades (como la Universidad Técnica de Medio Oriente, la Universidad Hacettepe de Turquía y la Universidad de Minho en Portugal) modelaron el daño potencial que un terremoto podría causar en Gaziantep. Evaluaron el nivel de preparación de los edificios en el área para sobrevivir a un gran terremoto (Kelam et al., 2022). En la Figura 4.5 se pueden observar las características de las construcciones. Los investigadores observaron que sólo el 11% de los edificios cumplían con requisitos de diseño y construcción sismorresistente. Además, se observó que más de una tercera parte estaban contruidos con mampostería no confinada, que es particularmente vulnerable a los sismos (Reuters, 2023a).

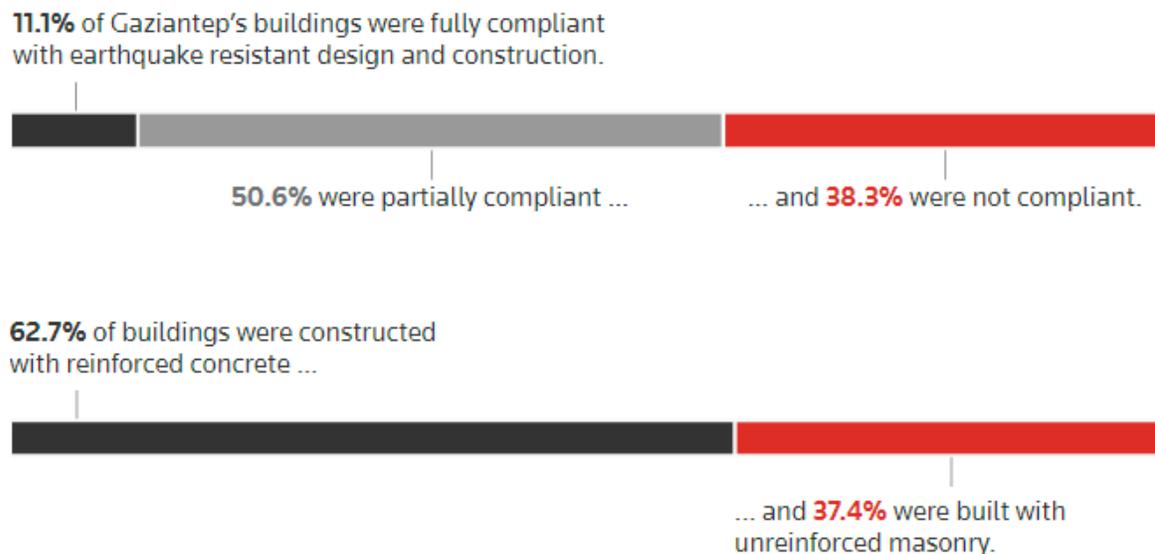


Figura 4.5. Características de los edificios en Gaziantep (Reuters, 2023a).

El caso de Siria la situación es algo similar debido a la mala calidad de la infraestructura y a la construcción sin supervisión. También, se debe mencionar que varios edificios ya estaban dañados o debilitados debido a más de una década de guerra en el país (Infobae, 2023a; BBC, 2023c). En la Figura 4.6 se puede ver uno de los edificios colapsados en la ciudad de Jinderis, en la provincia de Aleppo en el norte de Siria.



Figura 4.6. Edificio colapsado en la ciudad de Jinderis, Siria (NPR, 2023a).

4.2 Edificios dañados o colapsados en Turquía y Siria

4.2.1 Turquía

En Turquía algunas de las zonas más afectadas por los sismos son las localidades de Hatay, Kahramanmaras y Gaziantep. Además, el gobierno de Turquía ha declarado otras siete provincias en estado de emergencia, entre las cuales se encuentran Adiyaman, Kilis, Osmaniye, Malatya, Adana, Sanliurfa y Diyarbakir (IBC, 2023a). En la Figura 4.7 se presenta el conteo de algunos de los edificios colapsados en las ciudades de Turquía. Se puede observar cómo la ciudad con mayor

número de edificios destruidos es la de Hatay, seguida de Adiyaman, Gaziantep, Kahramanmaras y Malatya.

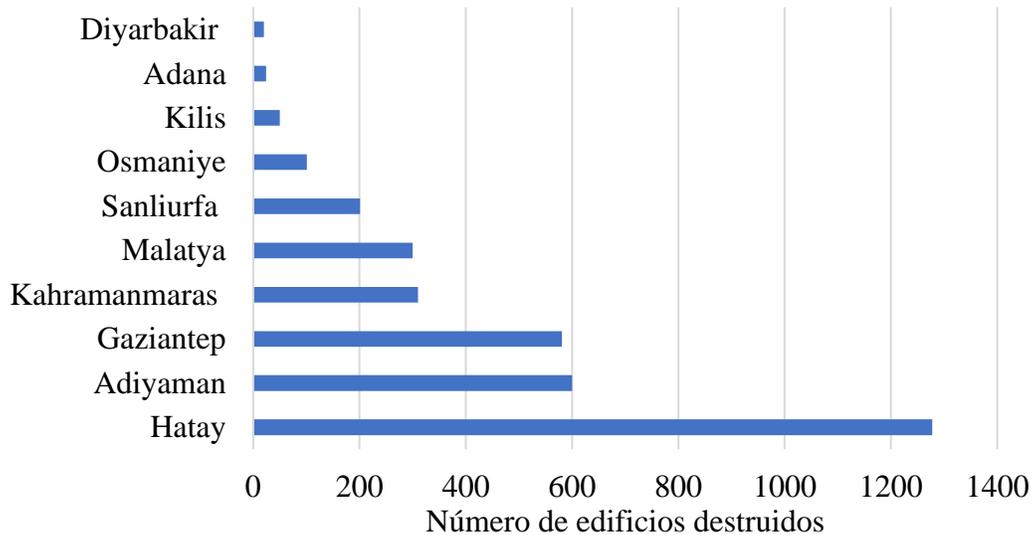


Figura 4.7. Cantidad de edificios colapsados en las ciudades de Turquía (adaptada de Reliefweb, 2023a)

Muchos edificios colapsaron en Turquía debido a los dos sismos del 6 de febrero de 2023. Por ejemplo, en la Figura 4.8 se muestra una, de muchas fotografías del centro de la ciudad de Kahramanmaras. Se puede apreciar cómo los daños en las edificaciones son considerables, sobre todo en edificios de departamentos. Otras imágenes se muestran en las Figuras 4.9 y 4.10.



Figura 4.8. Una vista de la destrucción en Kahramanmaras, Turquía (CNN, 2023a).



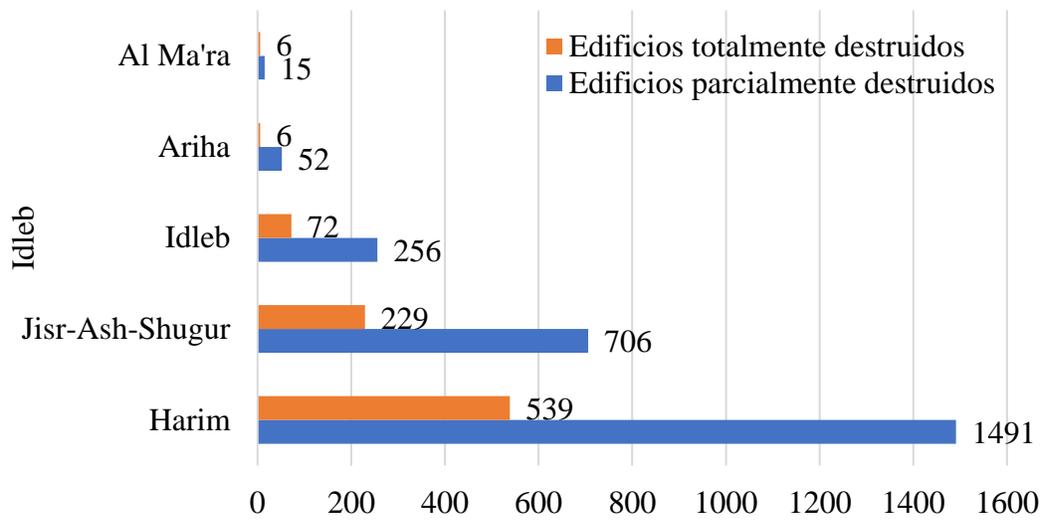
Figura 4.9. Vista aérea de la destrucción en Kahramanmaras (El Financiero, 2023a).



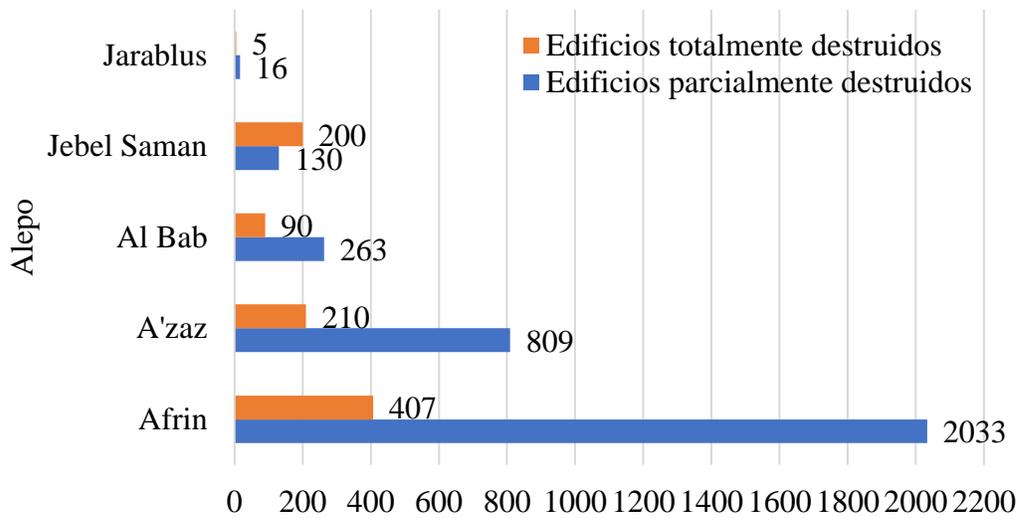
Figura 4.10. Vista aérea de una de las zonas afectadas en Kahramanmaras (BBC, 2023d).

4.2.2 Siria

En Siria algunas de las ciudades más afectadas son Idlib y Alepo, además de otras ciudades como Harem, Salqin, Sarmada y Dana (OCHA, 2023a). En la Figura 4.11 se muestra un conteo de los daños en los edificios de las ciudades más afectadas de Siria debido a los sismos de febrero. Además, en las figuras 4.12 y 4.13 se pueden ver la misma información sobre mapas.



a) Idleb



b) Aleppo

Figura 4.11. Edificios dañados en las ciudades de Siria (adaptada de Reliefweb, 2023b).

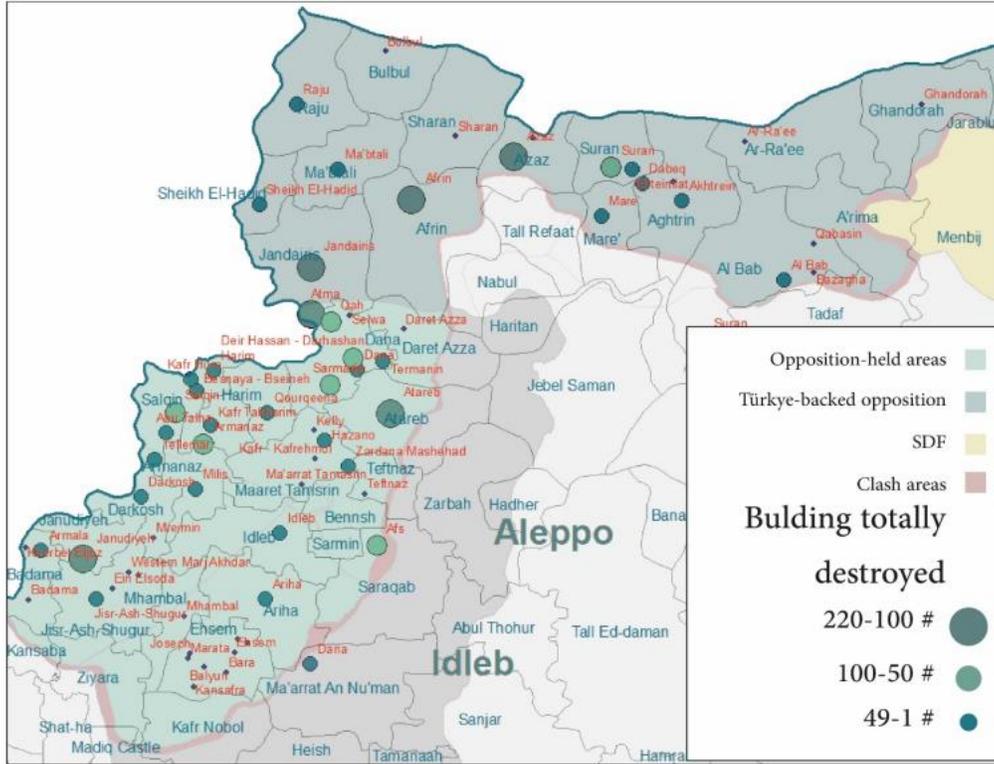


Figura 4.12. Edificios destruidos en las ciudades de Siria (Reliefweb, 2023b).

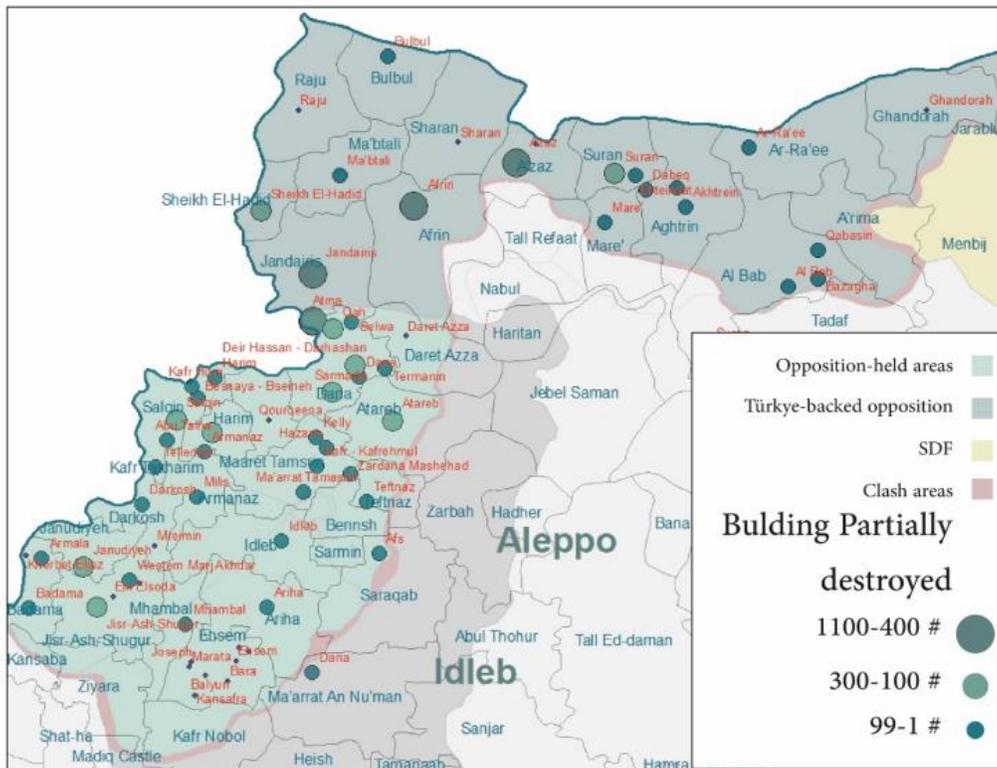


Figura 4.13 Edificios parcialmente destruidos en las ciudades de Siria (Reliefweb, 2023b).

En las figuras 4.14 a 4.18 se muestran algunas imágenes de las zonas de colapso de edificios en algunas de las ciudades de Siria.



Figura 4.14. Imágenes de edificios colapsados en la región de Idleb, Siria (BBC, 2023e).



Figura 4.15. Ruinas de la ciudad de Jindayris, en la provincia de Aleppo, Siria (BBC, 2023f).



Figura 4.16. Colapso de un edificio en el norte de la ciudad de Aleppo, Siria (CNN, 2023a). Se puede observar a los soldados de Siria empleando maquinaria para remover los escombros.



Figura 4.17. Vista aérea de un edificio destruido y de un campo de fútbol donde se refugian los residentes afectados por los terremotos en Azmarin, Siria (El País, 2023a).



Figura 4.18. Rescatistas buscan supervivientes entre los escombros de un edificio colapsado en la ciudad de Harem, Siria (El País, 2023a).

Referencias del capítulo 4

- BBC (2023a). “Terremoto en Turquía y Siria: miles de muertos tras dos potentes sismos”. Página web: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-64532674>, fecha de consulta: 11/feb/2023.
- OCHA (2023a). “NORTH-WEST SYRIA Situation Report”. Página web: <https://reports.unocha.org/en/country/syria/>, fecha de consulta: 11/feb/23.
- Reuters (2023a). “Rupture”. Página web: <https://www.reuters.com/graphics/TURKEY-QUAKE/zdvxdngmzvx/>, fecha de consulta: 11/feb/23.
- El Financiero (2023a). “Terremoto en Turquía y Siria: Estas son las imágenes del antes y después de la tragedia”. Página web: <https://www.elfinanciero.com.mx/mundo/2023/02/09/terremoto-en-turquia-y-siria-estas->

son-las-imagenes-del-antes-y-despues-de-la-tragedia/?fbclid=IwAROC5AOustojyFmMnVvRjpH3EsWKwMdNrr2gjVN-hVL3Z8QQXBoDTSx9rJ8, fecha de consulta: 11/feb/23.

- BBC (2023b). “Los edificios que no deberían haberse derrumbado en el terremoto de Turquía”. Página web: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-64576935>, fecha de consulta: 11/feb/2023.
- Arzu Arslan Kelam, Shaghayegh Karimzadeh, Karim Yousefibavil, Haluk Akgün, Aysegul Askan, M. Altug Erberik, Mustafa K. Koçkar, Onur Pekcan, Hacer Ciftci (2022). “An evaluation of seismic hazard and potential damage in Gaziantep, Turkey using site specific models for sources, velocity structure and building stock”. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, Volúmen 154, 2022, 107129. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2021.107129>.
- BBC (2023c). “Inside Aleppo: BBC sees devastation after quake”. Página web: <https://www.bbc.com/news/world-middle-east-64597879>, fecha de consulta: 11/feb/23.
- Infobae (2023a). “Titánica tarea en busca de sobrevivientes: colapsaron más de 5.600 edificios por el terremoto en Turquía y Siria”. Página web: <https://www.infobae.com/america/mundo/2023/02/07/la-titanica-tarea-de-buscar-sobrevivientes-colapsaron-mas-de-5600-edificios-por-el-terremoto-en-turquia-y-siria/>, fecha de consulta: 11/feb/23.
- NPR (2023a). “Northern Syria, already ravaged by war, is desperate for aid after the earthquake”. Página web: <https://www.npr.org/2023/02/11/1156305956/earthquake-survivors-in-northern-syria-already-ravaged-by-war-are-unable-to-rece>, fecha de consulta: 11/feb/23.
- IBC (2023a). “Devastating Earthquakes in Southern Türkiye and Northern Syria”. Página web: <https://www.ibc.org.tr/EN/1572/ibc-earthquake-zone-situation-report-published>, fecha de consulta: 11/feb/23.
- Reliefweb (2023a). “Kahramanmaraş Earthquake: Humanitarian Relief Operation, Information Note - As of 22.00 P.M (19:00 GMT) February 7, 2023”. Página web: <https://reliefweb.int/report/turkiye/kahramanmaras-earthquake-humanitarian-relief-operation-information-note-2200-pm-1900-gmt-february-7-2023>, fecha de consulta: 11/feb/23.

- CNN (2023a). “Quake-hit Turkey and Syria face years of rebuilding. Experts say it didn’t have to be this way”. Página web: <https://edition.cnn.com/2023/02/11/middleeast/turkey-syria-earthquake-recovery-intl/index.html>, fecha de consulta: 11/feb/23.
- BBC (2023d). “Turkey earthquake: Before and after pictures show extent of destruction”. Página web: <https://www.bbc.com/news/world-europe-64544998>, fecha de consulta: 11/feb/23.
- Reliefweb (2023b). “Humanitarian Situation in North-West Syria - Following the Devastating Earthquake - Situation report v:06, 11 February 2023”. Página web: <https://reliefweb.int/report/syrian-arab-republic/humanitarian-situation-north-west-syria-following-devastating-earthquake-situation-report-v06-11-february-2023-enar>, fecha de consulta: 11/feb/23.
- BBC (2023e). “Turkey earthquake: Aleppo among worst-hit areas in Syria”. Página web: <https://www.bbc.com/news/world-middle-east-64544478>, fecha de consulta: 11/feb/23.
- BBC (2023f). “Terremotos en Turquía y Siria: "La situación en Siria es dramática... ciudades enteras se han venido abajo". Página web: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-64605652>, fecha de consulta: 11/feb/23.
- El País (2023a). “La búsqueda de supervivientes tras los terremotos en Turquía y Siria, en imágenes”. Página web: https://elpais.com/internacional/2023-02-07/la-busqueda-de-supervivientes-tras-los-terremotos-en-turquia-y-siria-en-imagenes.html#foto_gal_24, fecha de consulta: 11/feb/23.

5 Daños en monumentos históricos

Turquía y Siria son reconocidos por su alto valor histórico y cultural al albergar patrimonio cultural desde los inicios de las civilizaciones. Derivado de los terremotos, se han reportado múltiples daños en monumentos históricos, entre los que se incluyen: castillos, ciudadelas, y mezquitas, varios de los cuales incluso habían resistido guerras y desastres naturales durante siglos.

Al día siguiente de la ocurrencia del terremoto, la Directora General de la UNESCO, Audrey Azoulay publicó un comunicado donde mencionó que la organización comenzó el reconocimiento inicial de los daños en conjunto con colaboradores y autoridades nacionales de Turquía y Siria. Azoulay expresó su particular preocupación por los sitios declarados Patrimonio de la Humanidad, que ha sufrido daños, como la Antigua Ciudad de Alepo, en Siria, y el colapso de diversos edificios en la ciudad de Diyarbakir en Turquía. Se indicó que a la fecha se está realizando la movilización de expertos para establecer un inventario preciso de daños. En esta misma línea, el Consejo Internacional de Monumentos y Sitios (ICOMOS, por sus siglas en inglés) ha declarado la movilización inmediata de comités a Turquía y Siria, para ejecutar las acciones de cuantificación de daños y recuperación. A continuación, se enlistan algunos monumentos históricos que resultaron afectados por los terremotos.

5.1 Castillo Gaziantep

Ubicación: Ciudad de Gaziantep (33 km del epicentro), Turquía.

Descripción: De acuerdo con excavaciones este lugar comenzó como un mirador en los siglos I y II durante la época del Imperio Romano, y tomó su forma actual en el siglo V durante el imperio Bizantino. Esta construcción forma parte de la lista tentativa de Patrimonio de la Humanidad de la UNESCO. En la actualidad el castillo servía de museo panorámico, arquitectónicamente se basa en una planta circular irregular con 12 bastiones que incluyen decoraciones Ayyubid y Mamluk como se muestra en la Figura 5.1.

Descripción de los daños: De acuerdo con (Holmes 2023), el castillo presentó una destrucción parcial, los daños incluyeron derrumbe de los muros, como se aprecia en la Figura 5.2. Así mismo (Marcus, 2023) del portal CNN reportó daño en bastiones de la zona este, sur y sureste. El desprendimiento de material provocó afectaciones en el barandal perimetral del castillo, el muro de contención y la avenida, como se puede apreciar en la Figura 5.3.



Figura 5.1. Castillo Gaziantep previo a los daños de los terremotos (Castles, 2023).



Figura 5.2. Castillo Gaziantep después del sismo de 2023 (Marcus, 2023).



Figura 5.3. Desprendimiento de muros en el Castillo Gaziantep (Cookman, 2023).



Figura 5.4. Afectaciones derivadas del desprendimiento de material en el Castillo Gaziantep (Treisman, 2023).

Adyacente al castillo Gaziantep, la mezquita Sirvani que data del siglo XVII también sufrió daños severos. Se reportó el colapso parcial del domo y el muro del lado este de la construcción.



a) Antes



b) Después

Figura 5.5. Daños en la mezquita Sirvani (Sanna Aro Valjus, 2023).

5.2 Mezquita Yeni Camii

Ubicación: Ciudad de Malatya, ubicada al Sureste de Turquía.

Descripción: Mezquita que recientemente había sido reabierto al público en 2022, ya que se encontraba en reconstrucción luego de los daños causados por un sismo del año 2020. De acuerdo con el portal (Dayly Sabah, 2023), esta mezquita ha sido destruida por cuarta ocasión, siendo la primera en 1984 por el denominado “Gran Sismo” de Turquía, y posteriormente por los sismos de 1964, 2020 y 2023. En cuanto a la Arquitectura, esta mezquita está hecha de piedra y cuenta con una construcción tradicional estilo otomano.

Descripción de los daños: El portal Middle East Eye (Nadda, 2023) reporta daños que incluyen el desprendimiento de la cúpula principal, así como daños en la fachada y muros, como se aprecia en la Figura 5.6 y Figura 5.7.



Figura 5.6. Desprendimientos en la Mezquita Yeni Camii.



a) Antes



b) Después

Figura 5.7. Imágenes de la Mezquita Yeni Camii, antes y después de los sismos (Dayly Sabah, 2023).

5.3 *Antigua Ciudadela de Alepo*

Ubicación: Ciudad de Alepo, Siria.

Descripción: Representa uno de los castillos más antiguos de la región, el cual forma parte de la lista de Patrimonio de la Humanidad de la UNESCO.

Descripción de los daños: De acuerdo con declaraciones de la Dirección General de Antigüedades y Museos de Siria (DGAM Syria 2023), se reportan diversos daños leves y moderados en la ciudadela, se menciona daño a piezas de museo dentro de la bóveda de exhibición y agrietamiento en la fachada del Museo Nacional de Alepo. Un reporte fotográfico de daños se presenta en la Figura 5.8.

En particular, destaca el colapso del domo en el alminar de la mezquita Ayyubid localizada dentro de la Ciudadela (Figura 5.9), así como un largo agrietamiento a lo largo de la torre. Así mismo se reporta el colapso de la icónica torre Mamluk, en la entrada de la Ciudadela, la cual se muestra en la Figura 5.10.



Figura 5.8. Reporte de daños en la Antigua Ciudadela de Aleppo (DGAM Syria, 2023).



Figura 5.9. Colapso del domo en el alminar de la mezquita Ayyubid (AFP, 2023).



Figura 5.10. Colapso de la torre Mamluk (Annu Kaushik, 2023).

Referencias del capítulo 5

- AFP. 2023. “Quake damages citadel of ancient mosque in Syria’s Aleppo.” Samaa. Accessed February 13, 2023. <https://www.samaaenglish.tv/news/40026988>.
- Annu Kaushik. 2023. “Syria: Aleppo’s ancient citadel damaged in earthquake. AFP #syriaearthquake #AleppoEarthquake #Turkey <https://t.co/zLVaPRlk3O>.” Twitter. Tweet. Accessed February 13, 2023. <https://twitter.com/AnnuKaushik253/status/1622615347064086529>.
- Castles. 2023. “Castles and fortifications in Europe and beyond.” Google My Maps. Accessed February 13, 2023. https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1Dx3KVyn0CvRMBN--_CVMJ8I5HIE.
- Cookman, L. 2023. “Tweets con contenido multimedia de Liz Cookman (@liz_cookman) / Twitter.” Twitter. Accessed February 13, 2023. https://twitter.com/liz_cookman.
- DAYLY SABAH. 2023. “Malatya’s New Mosque, several others demolished in 7.7 earthquake.” Dly. Sabah. Accessed February 13, 2023. https://www.dailysabah.com/turkey/malatyas-new-mosque-several-others-demolished-in-77-earthquake/news?gallery_image=undefined.
- DGAM Syria. 2023. “المديرية العامة للآثار والمتاحف DGAM Syria.” Accessed February 13, 2023. <https://www.facebook.com/turath.athari.syria>.
- Holmes, O. 2023. “Fears for ancient sites after earthquake destroys parts of Gaziantep Castle.” The Guardian, February 6, 2023.
- ICOMOS. 2023. “First Aid to Nepalese Cultural Heritage affected by recent earthquakes - International Council on Monuments and Sites.” Accessed February 13, 2023. <https://www.icomos.org/en/what-we-do/image-what-we-do/171-risk-management/3751-first-aid-to-nepalese-cultural-heritage-affected-by-recent-earthquakes>.
- Kibris Medya. 2023. “(13) Kibris Medya (@kibrismedya) / Twitter.” Twitter. Accessed February 13, 2023. <https://twitter.com/kibrismedya>.
- Marcus, L. 2023. “Ancient castle used by Romans and Byzantines destroyed in Turkey earthquake.” CNN, February 6, 2023.
- Nadda, O. 2023. “Turkey-Syria earthquake: Historic mosques and ancient landmarks reduced to rubble.” Middle East Eye. Accessed February 13, 2023.

<http://www.middleeasteye.net/discover/turkey-syria-earthquake-landmarks-destroyed-reduced-rubble>.

- Sanna Aro Valjus. 2023. “Also from 2011, the 17th Century Şirvani Mosque in downtown Antep. Reports are that the dome and eastern wall have crumbled. <https://t.co/lnX62UqimY>.” Twitter. Tweet. Accessed February 13, 2023. <https://mobile.twitter.com/AroValjus/status/1622628324781486082/photo/1>.
- Treisman, R. 2023. “A Turkish castle that withstood centuries of invasions is damaged in the earthquake.” NPR, February 6, 2023.
- UNESCO. 2023. “Earthquake in Syria and Türkiye: UNESCO offers support.” UNESCO World Herit. Cent. Accessed February 13, 2023. <https://whc.unesco.org/en/news/2521/>.

6 Daños en escuelas, hospitales y otros

6.1 Daños en escuelas

Las clases ha sido suspendidas en todo el país. Hasta el momento existe poca información sobre daños en escuelas. En Kahramanmaras, una de las ciudades más afectadas, el bachillerato Gazi (Figura 6.1), que alberga alrededor de 2000 estudiantes, soportó los terremotos, pero luce severamente dañado, de acuerdo con BBC (2023).

En Turquía, el gobierno declaró que las universidades harán el periodo de primavera en línea, para que los dormitorios universitarios puedan ser utilizados por los damnificados (duvaR, 2023).

En Siria, el Ministerio de Educación dijo que 248 escuelas resultaron dañadas por los terremotos (Asharq, 2023).



Figura 6.1. Imagen de Kahramanmaras, Turquía (BBC, 2023). La escuela Gazi soportó los terremotos, pero luce severamente dañada. Otras construcciones, como los edificios residenciales aledaños, no tuvieron la misma suerte.

6.2 Daños en hospitales

Los hospitales son instalaciones críticas, cuyo servicio es altamente demandado después de los terremotos. Aunque su demanda crece, su servicio se puede ver severamente afectado por daños en el mismo hospital, daños a la infraestructura y accesos, y otros factores. Los terremotos de Turquía causaron daños en una cantidad desconocida de hospitales tanto en Turquía como en Siria. A continuación, se muestra una lista de hospitales con reporte de colapso o evacuación por daños. Ciertamente, debe haber muchos hospitales con daños de diferentes tipos y niveles, pero poco sale en las noticias hasta ahora debido a que la población está enfocada en el rescate de personas.

- Hospital de Al Dana (daños)
- Hospital de Maternidad de Idleb (daños)
- Hospital de Iskenderun (colapso, Figura 6.2)
- Hospital de Sular (daños, Figura 6.3)



Figura 6.2. Colapso del hospital de Iskenderun, en el distrito de Hatay, Turquía (Reuters, 2023b). Al parecer, un informe del hospital de 2012, que presenta en los anexos de este documento (ver: Hospital Estatal de Iskenderun, 2023), dio una calificación negativa a una evaluación de su resistencia ante terremotos.



Figura 6.3. El hospital Sular, en Kahramanmaras, Turquía (BBC, 2023). A diferencia de muchas otras construcciones, el hospital sobrevivió a los terremotos, aunque quedó dañado.

Aquellos hospitales que están operando, han tenido problemas para dar el servicio, pues la red eléctrica se ha interrumpido (Reliefweb, 2023). Algunas asociaciones comenzaron a enviar medicamentos, generadores de energía eléctrica y combustible a las zonas afectadas de Turquía y Siria por medio de un puente aéreo (Reliefweb, 2023). Cabe mencionar que el acceso a Siria ha sido muy difícil, por la guerra civil que se libra en el país, con algunas zonas controladas por rebeldes y otras por el gobierno. Algunas personas incluso, desde antes de los terremotos, sobrevivían de la ayuda humanitaria que les llegaba del exterior (Reliefweb, 2023).

En algunas poblaciones se han instalado hospitales provisionales a base de tiendas de campaña para dar el servicio, con médicos y personal voluntario que comienza a llegar de distintos lugares del mundo. La Figura 6.4 muestra algunas de esas tiendas. Es importante destacar que los médicos y el personal local han tenido dificultades serias para dar el servicio, en varias ocasiones han tenido que abandonar sus puestos de trabajo porque ellos mismos han sufrido afectaciones relacionadas con los sismos, o han tenido que parar para atender a sus familias que han sido heridas o incluso han fallecido.



Figura 6.4. Instalación de hospitales improvisados a base de tiendas (NYTimes, 2023).

6.3 Otros

También hubo daños en comercios y en otro tipo de estructuras. La Figura 6.5 muestra una galería colapsada en (Eurasiareview, 2023). En el puerto de Iskenderun hubo incendio de algunos contenedores.



Figura 6.5. Colapso de la Galeria Business Center en Diyarbakir, Turquía. Según reportes, otro edificio en la parte de atrás también colapsó durante una de las réplicas (EurasiaReview, 2023).



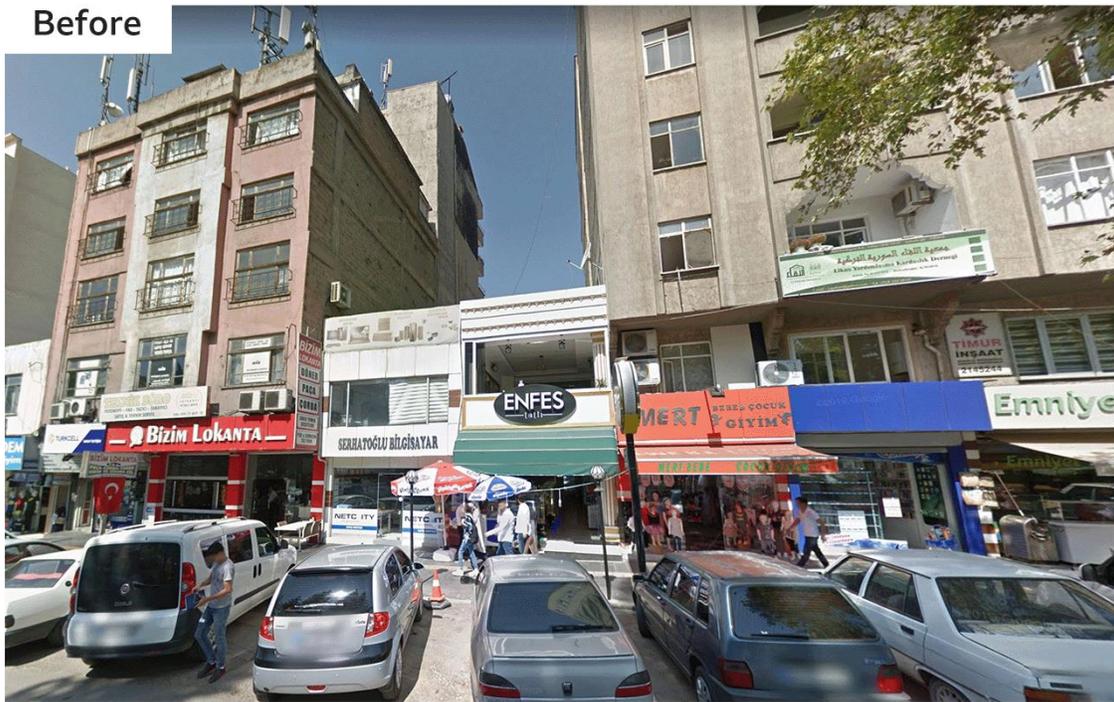
Figura 6.6. Algunos contenedores incendiándose en el puerto de Iskenderun (Reuters, 2023).



Figura 6.7. Otra vista de los contenedores incendiándose en Iskenderun, Turquía (DW, 2023).

La BBC (2023) publicó una imagen comparativa del Boulevard Azerbaijan, en Kahramanmaras, donde se aprecia la destrucción total de comercios y en general la afectación a la vida de la comunidad.

Collapsed buildings on Azerbaijan Boulevard



Source: Google, Getty

BBC

Figura 6.8. Boulevard Azerbaijan, en Kahramanmaras antes y después de los terremotos (BBC, 2023).

Referencias del capítulo 6

Reliefweb (2023). “Essential Medications Prepped for Earthquake-Ravaged Areas of Syria, Turkey”. Página web: <https://reliefweb.int/report/turkiye/essential-medications-prepped-earthquake-ravaged-areas-syria-turkey>, fecha de consulta: 11/feb/2023.

Eurasiareview (2023). “Powerful Earthquake Kills More Than 2,300 In Turkey, Syria”. Página web: <https://www.eurasiareview.com/07022023-powerful-earthquake-kills-more-than-2300-in-turkey-syria/>, fecha de consulta: 11/feb/2023.

Reuters (2023). “Rescuers dig through rubble as Turkey-Syria quake death toll passes 7,800”. Página web: <https://www.reuters.com/world/middle-east/turkey-quake-rescue-teams-comb-through-wreckage-iskenderun-hospital-2023-02-06/>, fecha de consulta: 11/feb/2023.

Hospital Estatal de Iskenderun (2023). “Hospital líder de la Región del Mediterráneo Oriental”. Página web: https://iskenderundh.saglik.gov.tr/Eklenti/324721/0/sunumpdf.pdf?_tag1=D677FD942AA1CE1795B66CBF9A8EA3EF5E735AED, fecha de consulta: 11/feb/2023.

NYTimes (2023). “Volunteers Piece Together a Makeshift Medical System in Earthquake Zone”. Página web: <https://www.nytimes.com/2023/02/10/world/middleeast/quake-hospitals-turkey-syria.html>, fecha de consulta: 11/feb/2023.

DW (2023). “Turkey: Fire extinguished at quake-damaged Iskenderun Port”. Página web: <https://www.dw.com/en/turkey-fire-extinguished-at-quake-damaged-iskenderun-port/a-64634017>, fecha de consulta: 11/feb/2023.

BBC (2023). “Turkey earthquake: One ruined neighbourhood at the centre of the devastation”. Página web: <https://www.bbc.com/news/world-europe-64581229>, fecha de consulta: 11/feb/2023.

NBCNews (2023). “Anger grows in Turkey as earthquake death toll passes 20,000 and rescue hopes dwindle”. Página web: <https://www.nbcnews.com/news/world/earthquake-turkey-syria-updates-anger-death-toll-grows-rcna69854>, fecha de consulta: 11/feb/2023.

Asharq (2023). “Earthquake Damages 248 Schools in Syria”. Página web: <https://english.aawsat.com/home/article/4147501/earthquake-damages-248-schools-syria>, fecha de consulta: 11/feb/2023.

duvaR (2023). “Turkish universities will have remote classes as dorms will be allocated to quake victims, says Erdoğan”. Página web <https://www.duvarenglish.com/turkish-universities-will-have-remote-classes-as-dorms-will-be-allocated-to-quake-victims-says-erdogan-news-61824>, fecha de consulta: 12/feb/2023.

7 Daños a la infraestructura

En este capítulo se muestran daños en algunas de vías de comunicación que resultaron afectadas por los sismos. Se destaca que después del paso de un sismo de gran intensidad es necesario restablecer las líneas de comunicación lo antes posible para realizar labores de rescate, cadenas de suministro de alimentos y medicamentos, información, y otros.

7.1 Carreteras

El desplazamiento del suelo debido a los sismos de febrero, causó daños en varias vías de carreteras y calles de diversas poblaciones, como se muestra en las figuras 7.1 a 7.7. Como se puede observar en las figuras, el desplazamiento se puede apreciar a simple vista. En muchas carreteras no se puede circular actualmente, debido a los daños causados por los terremotos.



Figura 7.1. Desplazamiento lateral y vertical en el norte de Kırıkhan (Twitter, 2023a).



Figura 7.2. Desplazamiento lateral y daños en carretera del poblado de Kahramanmaraş (Twitter, 2023b).



Figura 7.3. Desplazamiento lateral (Twitter, 2023c).



Figura 7.4. Desplazamiento lateral y vertical. (Twitter, 2023d).



Figura 7.5. Desplazamiento lateral y vertical. (Twitter, 2023f).



Figura 7.6. Carretera dañada, ubicación desconocida (Twitter, 2023g).



Figura 7.7. Carretera dañada, ubicación desconocida (Twitter, 2023h).

7.2 Vías ferroviarias y puentes

Al igual que las carreteras, las vías férreas y puentes resultaron con daños debido a los desplazamientos laterales en el suelo (figuras 7.8 a 7.10). En la Figura 7.8 se muestra el antes y después de un puente de ferrocarril que falló en la comunidad de Nurdagi, en el centro de Turquía (Univisión, 2023).



Figura 7.8. Antes y después del puente de ferrocarril en la comunidad de Nurdagi. Fotos: Cortesía satellite image 2023 Maxar Technologies (Univisión, 2023).



Figura 7.9. Desplazamiento lateral en las vías del tren (Twitter, 2023i).



Figura 7.10. Desplazamiento lateral en las vías del tren (Twitter, 2023j).

7.3 Aeropuertos

En la Figura 7.11 se muestra la captura de pantalla de un video donde se reportan daños en la pista de aterrizaje del aeropuerto Antakya Hatay.

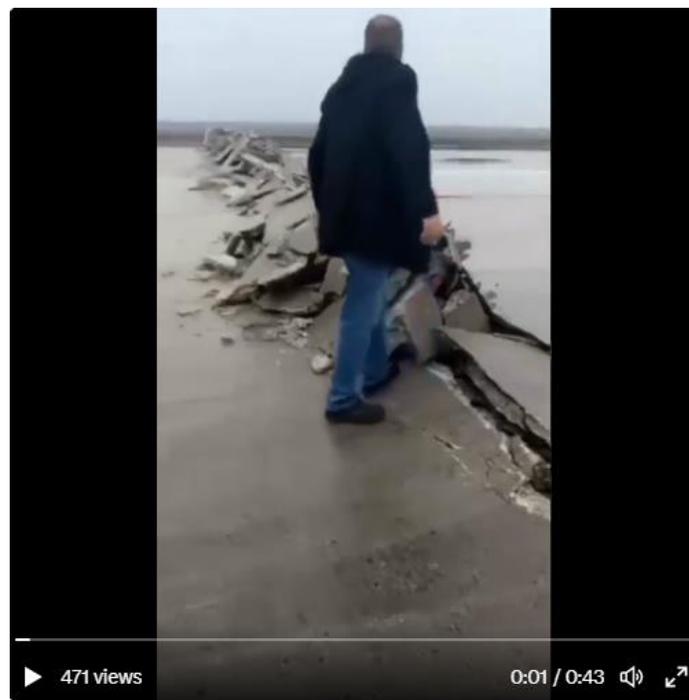


Figura 7.11. Fallas en la pista de aterrizaje del aeropuerto Antakya Hatay (Twitter, 2023k).

No se han encontrado, hasta la fecha de publicación de este documento, más daños en la infraestructura de los aeropuertos.

7.4 Servicios

En las figuras 7.12 y 7.13 se muestran fallas en las redes de agua potable y alcantarillado en la ciudad de Hatay. Cabe mencionar que en el fondo de la Figura 7.13 se observa humo producto del incendio del puerto de Iskenderun, Turquía.



Figura 7.12. Fallas en las redes de agua potable y alcantarillado de Takay, Turquía (Twitter, 2023l).



Figura 7.13. Fallas en las redes de agua potable y alcantarillado de Takay, Turquía (Twitter, 2023m).

Referencias del capítulo 7

- Twitter (2023a). <https://twitter.com/AynurDikbas/status/1623587973538226176>, (Último acceso 12/feb/2023)
- Twitter (2023b). <https://twitter.com/jessphoenix2018/status/1623180871045115904/photo/1>, (Último acceso 12/feb/2023)
- Twitter (2023c). <https://twitter.com/geodesista/status/1623362850126266368/photo/1>, (Último acceso 12/feb/2023)
- Twitter (2023d). <https://www.hispanatolia.com/upload/filemanager/image/ESPANOL/economia/2023/turquia-aeropuerto-hatay-danos-terremoto.jpg>, (Último acceso 12/feb/2023)
- Twitter (2023f). <https://twitter.com/tsancar/status/1623270854648791040/photo/2>, (Último acceso 12/feb/2023)

- Twitter (2023g). <https://twitter.com/eacarar/status/1622557222780776450/photo/1>, (Último acceso 12/feb/2023)
- Twitter (2023h). <https://twitter.com/Tubitak/status/1624779710919049217/photo/2>, (Último acceso 12/feb/2023)
- Twitter (2023i). <https://twitter.com/Tubitak/status/1624779728497287168/photo/1>, (Último acceso 12/feb/2023)
- Twitter (2023j). <https://twitter.com/CengizZabci/status/1623236454926229504/photo/1>, (Último acceso 12/feb/2023)
- Twitter (2023k). <https://twitter.com/FlightModeblog/status/1622564115100188672>, (Último acceso 12/feb/2023)
- Twitter (2023l). https://twitter.com/geodesist_a/status/1624324020488351746/photo/3, (Último acceso 12/feb/2023)
- Twitter (2023m). https://twitter.com/geodesist_a/status/1624324020488351746/photo/1, (Último acceso 12/feb/2023)
- Univisión (2023). “Imágenes satelitales del antes y después del terremoto en Turquía”. Página web: <https://www.univision.com/noticias/mundo/imagenes-antes-despues-terremoto-turquia-vistas-aereas>, fecha de consulta: 12/feb/2023

8 Análisis de algunos casos de interés

Basta ver algunas fotografías de artículos periodísticos para comprender la cantidad de edificios que resultaron con colapso total. Hay vistas explícitas de colonias o barrios con múltiples edificios colapsados durante el sismo de magnitud 7.8 en la madrugada del 6 de febrero y algunos videos con edificios que colapsaron por la réplica de 7.7 nueve horas después del sismo.

De acuerdo con la información preliminar publicada por Disaster and Emergency Management Presidency de Turquía (<https://en.afad.gov.tr>), la mayor demanda de aceleración se registró en la estación 4614 con una magnitud de 1.949g (1,911 cm/s²) conforme a Garini y Gazetas (2023). Ciertamente, estos valores deberán ser verificados y validados en el futuro cercano. En la tabla 8.1, se muestran las demandas de las estaciones que reportaron la mayor aceleración en alguna de sus componentes.

Tabla 8.1. Aceleraciones máximas reportadas (Malhotra y Kalkan 2023).

Estación	Distancia al epicentro (km)	Aceleración máxima (g)	
		Norte - Sur	Este – Oeste
4614	35	1.990	2.060
201	122	0.474	0.880
3137	79	0.453	0.848
3123	139	0.655	0.594
3142	103	0.647	0.750

En la figura 8.1 se muestran los registros de la estación 4614. Si los datos son correctos, y a reserva de verificarlos, se puede ver que el movimiento sísmico duró un poco más de 20 segundos; de manera que en forma súbita los edificios fueron sometidos a casi dos veces la aceleración de la gravedad. Usualmente, los registros cercanos al epicentro reportan aceleraciones verticales importantes; sin embargo, aquí la demanda llegó hasta 1.38g, lo que es una situación extraordinaria.

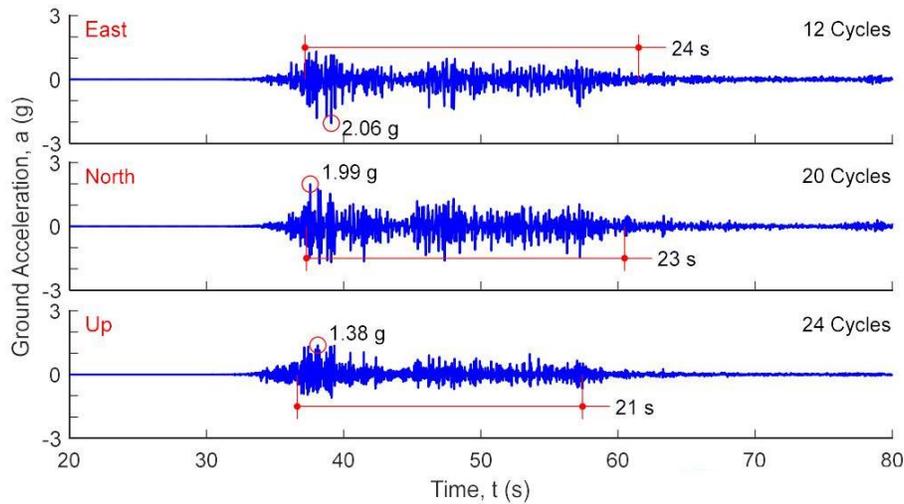


Figura 8.1. Acelerogramas registrados en la estación 4614.

Durante la elaboración de este reporte, se consultó la Especificación para la Construcción de Edificios en Zonas Sísmicas (*Specification for Buildings to be Built in Seismic Zones*) del Ministerio de Obras Públicas y Asentamientos del Gobierno de la República de Turquía en una traducción del 2007 (SBBSZ, 2017). En la figura 8.2 se muestran los espectros transparentes para edificaciones convencionales con un factor de importancia igual a 1.0 para las cuatro zonas sísmicas que establece la normatividad con un amortiguamiento del 5 por ciento.

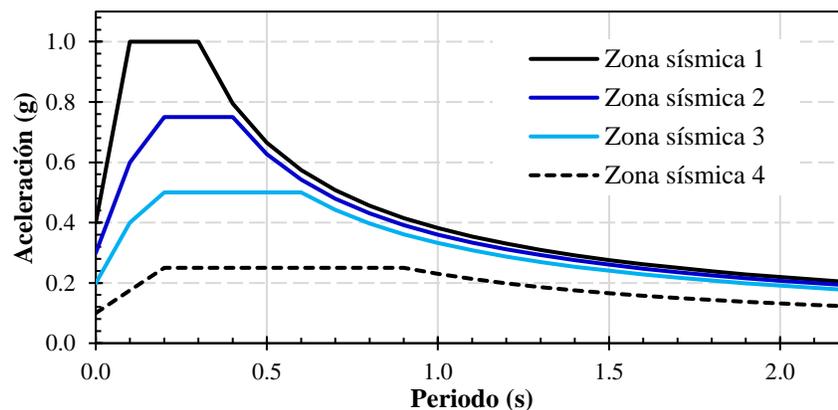


Figura 8.2. Espectros de Diseño del Reglamento turco de 2007 (SBBSZ, 2007).

Se hace notar que la información que se incluye en este reporte no representa forzosamente la normatividad vigente al momento de los sismos del 6 de febrero, sino que se trata de la última actualización disponible al inglés y que se incluye con fines comparativos para subrayar la relevancia de la demanda que debieron soportar los edificios. De hecho, de acuerdo con UNDRR (2023), la versión vigente del reglamento de diseño sísmico se publicó en el Boletín Oficial el 18 de marzo de 2018 y entró en vigor legalmente el 1 de enero de 2019.

8.1 Conjunto Güçlü Bahçe City

Entre los edificios que reportaron un comportamiento inapropiado, en la Ciudad de Antioquía en la Provincia de Hatay, en Turquía, a unos 140 km de distancia del epicentro se registró el colapso de casi todos los edificios que conformaban un proyecto de vivienda llamado “Ciudad Jardín Fuerte (Güçlü Bahçe City)” con coordenadas latitud 36.208387 y longitud 36.156718. El conjunto se encontraba en la calle Cumhuriyet y fue inaugurado el 12 de noviembre del 2017 por el alcalde de la provincia de Hatay, Lütfü Savaş; de acuerdo con un video en Youtube de la inauguración (figura 8.3a).

El conjunto estaba conformado por varios edificios de 9 pisos con locales comerciales en planta baja. De acuerdo con las fotografías del proceso constructivo (figura 8.3b), los edificios eran regulares, sin entrantes ni salientes y estaban estructurados con muros de mampostería con losas de concreto armado, aunque no se distinguen con claridad los elementos de confinamiento. En Google Maps, es posible consultar fotografías del conjunto durante su operación fechadas en mayo del 2020 y noviembre del 2022 (figura 8.3c).

Después del sismo, el conjunto reportó colapso total de prácticamente todos los edificios y los que quedaron en pie denotan un daño grave (figura 8.3d). Esta situación ha resultado indignante para la población, puesto que los edificios resistieron en su posición menos de 5 años y fueron inaugurados oficialmente por el gobierno mismo.



a) Inauguración del conjunto (Youtube, 2017).



b) Evolución del proceso constructivo (Google, s.f.).



c) Panorámica de mayo del 2020 (Google, s.f.)

Figura 8.3. Proyecto de vivienda Ciudad Jardín Fuerte (continúa...)



d) Vista del conjunto colapsado (Horton y Armstrong, 2023)

Figura 8.3. Proyecto de vivienda Ciudad Jardín Fuerte (Güçlü Bahçe City).

8.2 Yeni Cammi (Nueva Mezquita)

El edificio religioso de la Nueva Mezquita, originalmente llamada Mezquita Haci Yusuf Taş, resultó también gravemente dañada por el sismo. La mezquita original había sido reconstruida después de dos incendios en 1889 y otro 1890. La reconstrucción inició en 1893 y tuvo que ser nuevamente reparado después de un sismo en 1964.

La mezquita se localizaba en la calle de Hamidiye en la Ciudad de Malatya, que es la capital de la Provincia del mismo nombre con coordenadas latitud 38.400850 y longitud 38.350655; esto es a unos 220 km del epicentro. Se trataba de un edificio con una cúpula central principal y muros de mampostería perimetrales (figura 8.4a). En la figura 8.4b se muestra una vista de la edificación histórica previo al sismo; mientras que en las figuras 8.4c y 8.4d se incluyeron distintos ángulos de la estructura con el colapso parcial.



a) Vista satelital en planta (Google, s.f.).



b) Vista en isométrico previo al sismo (Google, s.f.).

Figura 8.4. Vistas del edificio de la mezquita Yeni Cammi (continúa...)



c) Vista del edificio colapsado (Sabah, 2023).



d) Vista del edificio colapsado (BBC, 2023).

Figura 8.4. Vistas del edificio de la mezquita Yeni Cammi.

8.3 Edificio del Colegio de Ingenieros Civiles

En la Ciudad de Kahramanmaraş, que es la capital del Estado del mismo nombre en la Región de Anatolia Suroriental, Turquía, a unos 60 km del epicentro se registraron varios colapsos. En

particular, una de las fotografías muestra edificios colapsados junto a la edificación del Colegio de Ingenieros Civiles de la Ciudad (Insaat Mühendisleri Odasi).

El Colegio está localizado en la calle 33027 en las coordenadas latitud 37.576344 y longitud 36.922368. En Google Maps hay fotografías históricas de la zona que inician en junio de 2015. En ellas, se nota la misma distribución urbana de las figuras 8.5a y 8.5b, lo que implica que los edificios alrededor del Colegio tenían al menos 8 años de haber sido construidos.



a) Vista del edificio del Colegio sobre la calle 33027 (Google, s.f.).



b) Vista del edificio del Colegio hacia el lado opuesto (Google, s.f.).

Figura 8.5. Fotografías del Colegio de Ingenieros Civiles (continúa...)



c) Panorama de los edificios colapsados alrededor del Colegio (Ulutaş 2023).

Figura 8.5. Fotografías del Colegio de Ingenieros Civiles antes y después de los sismos.

Los edificios cercanos tenían entre 8 y 9 pisos con uso de vivienda y locales comerciales en planta baja. La configuración de los edificios parecía ser regular en sus dimensiones generales sin entrantes o salientes, aunque parece que varios tenían una planta baja con una mayor altura de entrepiso lo que disminuye su rigidez y resistencia. Además, prácticamente todos los edificios son de esquina y se distinguen por tener aberturas francas con pocos elementos estructurales en todas las caras de la edificación.

Lo más notorio de las fotografías es el comportamiento adecuado del Colegio, que parece estar estructurado con marcos de concreto reforzado con una cubierta en arco-techo aligerada. La reflexión está encaminada a que este edificio del Colegio de Ingenieros Civiles tuvo un proceso de análisis, diseño o construcción que hubiera sido deseable en los edificios de alrededor.

Referencias del capítulo 8

- BBC (2023), “Turkey earthquake: Before and after pictures show extent of destruction”, BBC News. Publicado el 8 de febrero del 2023. <https://www.bbc.com/news/world-europe-64544998>

- Horton J. y Armstrong W. (2023), “Turkey earthquake: Why did so many buildings collapse?”, BBC News, BBC Reality Check & BBC Monitoring. Publicado el 9 de febrero. <https://www.bbc.com/news/64568826>
- Garini E. y Gazetas G. (2023), “The 2 earthquakes of February 6th 2023 in Turkey”. Preliminary Report.
- Malhotra P.K. y Kalkan E. (2023), “M 7.8 Turkey Earthquake of February 6, 2023”, Strong Motions, Knowledge and Clarity, Inc.
- Sabah (2023)., “Malatya’s New Mosque, several other demolished in 7.7 earthquake”, Daily Sabah with Agencies, Istanbul, Publicado el 6 de febrero del 2023.
- SBBSZ (2007), “Specification for Buildings to be Built in Seismic Zones”, Ministry of Public Works and Settlement Government of Republic of Turkey. Traducción al inglés.
- UNDRR (2023), “PreventionWeb”, Turkey: New Building Code for Earthquake Resilience”, Sendai Framework for disaster Risk Reduction 2015-2030. página <https://www.preventionweb.net/news/turkey-new-building-code-earthquake-resilience>.
- Mahir Ulutaş (2023) @Mahir_Ulutas, Görseldeki bina İnşaat Mühendisleri Odası’nın Kahramanmaraş İl Temsilciliği Binası. Tweeter. https://twitter.com/Mahir_Ulutas/status/1623970323661041665
- Youtube (2017), “Güçlü Bahçe City açılışını dev makasla yaptılar...”, iskenderunorg TV. Consultado el 13 de febrero del 2023.

9 Ligas a noticias, videos, documentos, material multimedia y otros

9.1 Daños en viviendas

Fecha de publicación	Estado	Liga
06/02/2023	Colapso total	https://www.youtube.com/watch?v=buLMbZhp5rI
06/02/2023	Colapso total	https://www.youtube.com/watch?v=x8D_6Bg8hpY
06/02/2023	Colapso total y parcial	https://twitter.com/journoturk/status/1622563335165165569
06/02/2023	Colapso total	https://twitter.com/journoturk/status/1622675623050154014
06/02/2023	Colapso total	https://www.youtube.com/watch?v=7iHZ-zr9VAI
06/02/2023	Colapso total	https://twitter.com/MHJournalist/status/1622488015313436672?ref_src=twsrc%5Etfw%7Ctwcamp%5Etweetembed%7Ctwterm%5E1622488015313436672%7Ctwgr%5E9b85615b6311263ff1fcbe6003ac025b8cfd618%7Ctwcon%5Es1_&ref_url=https%3A%2F%2Fwww.bbc.com%2Fnews%2Fworld-64541194
07/02/2023	Colapso total	https://www.youtube.com/watch?v=Q12sUmkT-_o
07/02/2023	Colapso total	https://www.bbc.com/news/av/world-europe-64539131
08/02/2023	Colapso total	https://twitter.com/BNONews/status/1623346902925299724
09/02/2023	Colapso total	https://www.youtube.com/watch?v=MevpiiNMv64
09/02/2023	Colapso total	https://www.bbc.com/news/64568826
11/02/2023	Colapso total	https://twitter.com/PubityIG/status/1624333139358412802
11/02/2023	Colapso total	https://twitter.com/steve_hanke/status/1624465286928957443
11/02/2023	Colapso total	https://www.youtube.com/watch?v=Lz4nYXSsBIU
11/02/2023	Colapso total	https://twitter.com/kazuhaictures/status/1624374867805044737

9.2 Daños en monumentos históricos

Fecha de publicación	Estado	Liga
06/02/2023	Colapso parcial	https://twitter.com/journoturk/status/1622479915563073536
07/02/2023	Colapso total	https://www.youtube.com/watch?v=69evhNU5Lts
07/02/2023	Colapso parcial	https://www.youtube.com/watch?v=FZex65lq4jM
08/02/2023	Colapso total	https://www.youtube.com/watch?v=EiGYSr9EEAs

9.3 Daños en escuelas y hospitales

Fecha de publicación	Estado	Liga
07/02/2023	Colapso total	https://www.youtube.com/watch?v=vKq86KrZoHQ
11/02/2023	Movimiento de contenidos / sin daños	https://twitter.com/MubarizM/status/1624522507075129346

9.4 Daños en contenidos

Fecha de publicación	Estado	Liga
06/02/2023	Colapso total	https://twitter.com/journoturk/status/1622525773620838401
08/02/2023	Colapso total	https://www.youtube.com/watch?v=EiGYSr9EEAs
09/02/2023	Colapso total	https://www.youtube.com/watch?v=dC8hHLbSadM
11/02/2023	Colapso total	https://twitter.com/HispanatoliaEN/status/1624506057535152129

9.5 Daños en infraestructura

Fecha de publicación	Estado	Liga
06/02/2023	Colapso total	https://twitter.com/MustafaB49/status/1622689281293619218
06/02/2023	Colapso parcial	https://twitter.com/journoturk/status/1622473850721009664
06/02/2023	Colapso total	https://twitter.com/journoturk/status/1622470477863059456
06/02/2023	Colapso parcial	https://twitter.com/FlightModeblog/status/1622564115100188672
06/02/2023	Colapso total	https://www.youtube.com/watch?v=rirRva9c8v0
09/02/2023	Colapso total	https://twitter.com/geodesista/status/1623604254417076224
09/02/2023	Colapso total	https://www.bbc.com/news/av/world-europe-64584897
10/02/2023	Colapso total	https://twitter.com/journoturk/status/1624008410512457728
11/02/2023	Colapso total	https://twitter.com/steve_hanke/status/1624511592070266880
11/02/2023	Colapso total	https://twitter.com/steve_hanke/status/1624473088359563264
11/02/2023	Colapso total	https://twitter.com/HispanatoliaEN/status/1624464321672626178

9.6 Resúmenes de daños

Fecha de publicación	Liga
06/02/2023	https://twitter.com/BNONews/status/1622678679955406848
06/02/2023	https://twitter.com/BNONews/status/1622413932542435330
06/02/2023	https://twitter.com/007UmutBond/status/1622682389242605569
08/02/2023	https://twitter.com/Politix_LIVE/status/1623289792883527680
09/02/2023	https://www.bbc.co.uk/newsround/64579315
09/02/2023	https://www.youtube.com/watch?v=ooSWSSgAERI

11/02/2023	https://www.bbc.com/news/world-middle-east-64608535
11/02/2023	https://www.bbc.com/news/av/world-middle-east-64612329
11/02/2023	https://www.channel4.com/news/turkey-syria-earthquake-more-incredible-rescues-but-death-toll-passes-25000
12/02/2023	https://www.youtube.com/watch?v=toqhCMm_HkI

10 Documentos de interés

En este capítulo se presenta una colección de reportes, presentaciones, etc. acerca de los sismos de Turquía que se pueden encontrar en línea. La mayoría de los documentos mostrados aquí estarán disponibles para su descarga en formato PDF en la página web de la SMIS. Así mismo, se incluyen las ligas de acceso de la mayoría de los documentos encontrados.

10.1 Documentos actuales

1. Turkey-Syria Earthquakes - A Seismologist Explains What Has Happened

Reporte publicado por: phys.org

Fecha: 7 de febrero de 2023

Descripción: reporte que proporciona un breve contexto histórico y sismológico, así como explicar algunas posibles razones de los efectos devastadores de los sismos de Turquía y Siria.

Liga de acceso: sin liga

2. M 7.8 Turkey Earthquake of February 6, 2023

Presentación realizada por: Praveen K. Malhotra

Fecha: 6 de febrero de 2023

Descripción: presentación del Dr. Praveen K. Malhotra que contiene las historias de aceleraciones, de velocidades y de desplazamientos de dos estaciones sismológicas ubicadas en Turquía.

Liga de acceso: sin liga

3. The 2 Earthquakes of February 6th 2023 in Turkey - Preliminary Report

Presentación realizada por: Evangelia Garini y George Gazetas

Fecha: febrero de 2023

Descripción: presentación que contiene información sismológica de la región donde se ubican Turquía y Siria. También incluye las historias de aceleraciones, velocidades y desplazamientos de dos estaciones sismológicas. Finalmente, contiene un reporte fotográfico del daño estructural observado en los dos países.

Liga de acceso: sin liga

4. Earthquake in Syria and Turkey February 2023

Reporte realizado por: Philip Loft de UK Parliament

Fecha: 10 de febrero de 2023

Descripción: reporte desglosando la situación actual en Turquía y Siria en cuanto a la crisis humanitaria, la respuesta y el apoyo local e internacional, así como las dificultades de brindar apoyo generadas por la guerra civil en Siria.

Liga de acceso:

<https://researchbriefings.files.parliament.uk/documents/CBP-9727/CBP-9727.pdf>

5. Türkiye-Syria Devastating Earthquakes Day 5 Developments - 23,700 Dead; 80,000 Injured; 75,000 Evacuated

Reporte realizado por: International Blue Crescent

Fecha: 10 de febrero de 2023

Descripción: situación en Turquía y Siria a cinco días de ocurridos los sismos.

Liga de acceso:

<https://reliefweb.int/report/turkiye/turkiye-syria-devastating-earthquakes-day-5-developments-23700-dead-80000-injured-75000-evacuated>

6. Türkiye and Syria Earthquake February 2023 Daily Highlights – 06-02-2023

Reporte realizado por: Data Entry and Exploration Platform (DEEP)

Fecha: 6 de febrero de 2023

Descripción: reporte de eventos destacados en Turquía y Siria durante el día 6 de febrero de 2023.

Liga de acceso:

<https://reliefweb.int/report/turkiye/turkiye-syria-earthquake-february-2023-daily-highlights-06022023>

7. Türkiye and Syria Earthquake February 2023 Daily Highlights – 07-02-2023

Reporte realizado por: Data Entry and Exploration Platform (DEEP)

Fecha: 7 de febrero de 2023

Descripción: reporte de eventos destacados en Turquía y Siria al 7 de febrero de 2023.

Liga de acceso:

<https://reliefweb.int/report/turkiye/turkiye-syria-earthquake-february-2023-daily-highlights-07022023>

8. Türkiye and Syria Earthquake February 2023 Daily Highlights – 08-02-2023

Reporte realizado por: Data Entry and Exploration Platform (DEEP)

Fecha: 8 de febrero de 2023

Descripción: reporte de eventos destacados en Turquía y Siria al 8 de febrero de 2023.

Liga de acceso:

<https://reliefweb.int/report/turkiye/turkiye-syria-earthquake-february-2023-daily-highlights-08022023>

9. Türkiye and Syria Earthquake February 2023 Daily Highlights – 09-02-2023

Reporte realizado por: Data Entry and Exploration Platform (DEEP)

Fecha: 9 de febrero de 2023

Descripción: reporte de eventos destacados en Turquía y Siria al 9 de febrero de 2023.

Liga de acceso:

<https://reliefweb.int/report/syrian-arab-republic/syria-earthquake-february-2023-daily-highlights-09022023>

10. Türkiye and Syria Earthquake February 2023 Daily Highlights – 10-02-2023

Reporte realizado por: Data Entry and Exploration Platform (DEEP)

Fecha: 10 de febrero de 2023

Descripción: reporte de eventos destacados en Turquía y Siria al 10 de febrero de 2023.

Liga de acceso:

<https://reliefweb.int/report/syrian-arab-republic/syria-earthquake-february-2023-daily-highlights-10022023>

11. Turkey-Earthquake: Emergency Situation Report (09-02-2023)

Reporte realizado por: Support to Life (STL)

Fecha: 9 de febrero de 2023

Descripción: resumen de los acontecimientos más importantes después de los sismos de Turquía, con datos actualizados hasta el día 9 de febrero de la población afectada y de la respuesta local para brindar apoyo humanitario.

Liga de acceso:

<https://reliefweb.int/report/turkiye/turkey-earthquake-emergency-situation-report-09022023>

12. Türkiye and Syria - Earthquakes in Southeastern Türkiye and Northwestern Syria

Reporte realizado por: ACAPS

Fecha: 7 de febrero de 2023

Descripción: reporte breve de las condiciones de la población afectada por los sismos de Turquía con datos actualizados hasta el día 7 de febrero. El reporte incluye un mapa de intensidades basada en la escala de Mercalli.

Liga de acceso:

https://www.acaps.org/sites/acaps/files/slides/files/20230207_acaps_briefing_note_turkiye_and_syria_earthquake_0.pdf

13. Quake Deaths Pass 5,000 as Turkey, Syria Seek Survivors

Reporte realizado por: PHYS.ORG

Fecha: 7 de febrero de 2023

Descripción: actualización de muertes hasta el día 7 de febrero y descripción de los esfuerzos de grupos de protección civil, así como de civiles, por encontrar y rescatar gente desaparecida o atrapada en los escombros.

Liga de acceso: sin liga

14. 2023 Türkiye and Syria Earthquakes Response – Situation Report #1

Reporte realizado por: HOPE

Fecha: 7 de febrero de 2023

Descripción: reporte breve de eventos destacados en Turquía y Siria durante el día 6 de febrero de 2023, con actualización de muertes, heridos y edificios colapsados.

Liga de acceso:

<https://reliefweb.int/report/turkiye/2023-turkiye-syria-earthquakes-response-situation-report-1-february-6-2023>

15. 2023 Türkiye and Syria Earthquakes Response – Situation Report #2

Reporte realizado por: HOPE

Fecha: 7 de febrero de 2023

Descripción: reporte breve de eventos destacados en Turquía y Siria al día 7 de febrero de 2023, con actualización de muertes, heridos y edificios colapsados.

Liga de acceso:

<https://reliefweb.int/report/turkiye/2023-turkiye-syria-earthquakes-response-situation-report-2-february-7-2023>

16. 2023 Türkiye and Syria Earthquakes Response – Situation Report #3

Reporte realizado por: HOPE

Fecha: 8 de febrero de 2023

Descripción: reporte breve de eventos destacados en Turquía y Siria al día 8 de febrero de 2023, con actualización de muertes, heridos y edificios colapsados.

Liga de acceso:

<https://reliefweb.int/report/turkiye/2023-turkiye-syria-earthquakes-response-situation-report-3-february-8-2023>

17. 2023 Türkiye and Syria Earthquakes Response – Situation Report #4

Reporte realizado por: HOPE

Fecha: 9 de febrero de 2023

Descripción: reporte breve de eventos destacados en Turquía y Siria al día 9 de febrero de 2023, con actualización de muertes, heridos y edificios colapsados.

Liga de acceso:

<https://reliefweb.int/report/turkiye/2023-turkiye-syria-earthquakes-response-situation-report-4-february-9-2023>

18. 2023 Turkiye Earthquake Disaster Brief

Reporte realizado por: IFRC

Fecha: febrero de 2023

Descripción: resumen de los desastres ocasionados por los sismos de Turquía y Siria, incluyendo daños a viviendas y albergues, impacto al sector salud, y daños en infraestructura esencial.

Liga de acceso:

https://www.ifrc.org/sites/default/files/2023-02/Turkiye_Earthquake_IFRC-Disaster_Brief_February_2023_.pdf

19. North-West Syria: Situation Report (10 February 2023)

Reporte realizado por: UN Office for the Coordination of Humanitarian Affairs (OCHA)

Fecha: 10 de febrero de 2023

Descripción: reporte de eventos destacados en Turquía y Siria al 9 de febrero de 2023. Descripción de la crisis humanitaria con datos de muertes, heridos y edificios colapsados, así como de la crisis sanitaria que podría presentarse. El reporte incluye algunos testimonios de personas afectadas.

Liga de acceso:

<https://reliefweb.int/report/syrian-arab-republic/north-west-syria-situation-report-10-february-2023-enar>

10.2 Documentos históricos

1. İskenderun Delvet Hastanei (Hospital de Iskenderun)

Presentación realizada por: Hospital de Iskenderun

Fecha: 2012

Descripción: presentación realizada en el año 2012 que expone las condiciones administrativas, laborales, etc. del Hospital de Iskenderun. El hospital no se encontraba en condiciones para satisfacer las necesidades en cuanto a servicios de emergencia, de hospitalización, de cuidados intensivos, etc. El informe de “Resistencia Ante Sismos” realizado en 2012 al “Bloque A” del hospital fue negativa. El hospital colapsó durante el sismo del 6 de febrero de 2023.

Liga de acceso:

<https://iskenderundh.saglik.gov.tr/Eklenti/324721/0/sunumpdf.pdf? tag1=D677FD942AA1CE1795B66CBF9A8EA3EF5E735AED>

2. The Historical Earthquakes of Syria: An Analysis of Large and Moderate Earthquakes from 1365 B.C. to 1900 A.D. (Sbeinati et al., 2005)

Artículo por: Mohamed Reda Sbeinati, Ryad Darawcheh y Mikhail Mouty

Fecha: junio de 2005

Descripción: este artículo presenta un banco de datos completo sobre los terremotos históricos de Siria y los alrededores, que abarcan 35 siglos, y que tiene como objetivo servir para estudiar los peligros sísmicos de la región. Es, de acuerdo a los autores, una compilación sismológica unificada y un catálogo paramétrico.

Liga de acceso:

<https://www.earth-prints.org/bitstream/2122/908/1/01Sbeinati.pdf>

3. Assessment of Earthquake Hazard in Turkey and Neighboring Regions

Artículo por: M. Erdik, Y. Alpay Biro, T. Onur, K. Sesetyan y G. Birgoren

Fecha: 1999

Descripción: el objetivo de este estudio fue el de realizar un análisis de riesgo sísmico probabilístico para Turquía y las regiones vecinas, utilizando las leyes de atenuación desarrolladas recientemente. Este estudio pretendía servir como referencia para la evaluación probabilística de la amenaza sísmica en la selección del sitio y el diseño de estructuras de ingeniería.

Liga de acceso:

https://www.researchgate.net/publication/27772437_Assessment_of_earthquake_hazard_in_Turkey_and_neighboring

4. Seismic Hazard and Risk Assessment of Turkey

Artículo por: Sevgi Özcebe, Vitor Silva and Helen Crowley

Fecha: 2014

Descripción: este artículo proporciona los resultados de un análisis de riesgo sísmico probabilístico para Turquía. Los resultados presentados son cruciales para comprender cómo se distribuye el riesgo en Turquía y, por ende, cómo se puede gestionar este riesgo de manera efectiva.

Liga de acceso:

http://www.eaee.org/Media/Default/2ECCES/2ecces_eaee/1785.pdf

5. Seismic and Structural Analyses of the Eastern Anatolian Region (Turkey) Using Different Probabilities of Exceedance (Isik et al., 2021)

Artículo por: Ercan Isik, Ehsan Harirchian, Aydın Büyüksaraç y Yunus Levent Ekinci

Fecha: 2021

Descripción: este estudio intenta estimar la amenaza sísmica en la región de Anatolia Oriental en Turquía. También se realizaron análisis estructurales utilizando diferentes niveles de movimiento sísmico del suelo para la provincia de Bingöl, que tiene los valores máximos de aceleración del suelo más altos para un edificio de estudio.

Liga de acceso: sin liga

6. A Comparative Study on ASCE 7-16, TBEC-2018 and TEC-2007 for Reinforced Concrete Buildings (Aksoylu et al., 2020)

Artículo por: Ceyhun Aksoylu, Ahmed Mobark, Musa Hakan Arslan y İbrahim Hakkı Erkan

Fecha: 2020

Descripción: este artículo presenta un estudio comparativo de los códigos TEC-2007 (Código Turco Sísmico), TBEC-2018 (Código Turco de Construcción para Sismos) y ASCE 7-16. Se analizaron edificios de distintas alturas y se compararon, principalmente, la fuerza cortante en la base, los desplazamientos en la azotea y las distorsiones de entrepiso obtenidas con estos códigos.

Liga de acceso:

https://www.researchgate.net/publication/343652686_A_comparative_study_on_ASCE_7-16_TBEC-2018_and_TEC-2007_for_reinforced_concrete_buildings

7. An evaluation of seismic hazard and potential damage in Gaziantep, Turkey using site specific models for sources, velocity structure and building stock (Kelam et al., 2022).

Artículo por: Arzu Arslan Kelam, Shaghayegh Karimzadeh, Karim Yousefibavil, Haluk Akgün, Aysegül Askan, M. Altug Erberik, Mustafa K. Koçkar, Onur Pekcan, Hacer Ciftci

Fecha: 2022

Descripción: en este estudio, se utilizó un marco de estimación de daños de múltiples entradas basado en escenarios en una región urbana para el centro de la ciudad de Gaziantep (sureste de Turquía) que se encuentra en una región de alto riesgo sísmico sin grandes eventos en la era instrumental. Los resultados indican no solo un alto peligro sino también un alto riesgo en el área de Gaziantep debido a la combinación de la proximidad a las fallas junto con los efectos del sitio local y la fragilidad de los edificios.

Liga de acceso (sin documento en PDF):

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0267726121005510>

Referencias del capítulo 10

- Sbeinati M.R., Darawcheh R. y Mouty M. “The historical earthquakes of Syria: an analysis of large and moderate earthquakes from 1365 B.C. to 1900 A.D.” Annals of Geophysics, Vol. 48, No. 3, June 2005.
- Erdik M., Biro Y.A., Onur T., Sesetyan K. y Birgoren G. “Assessment of Earthquake Hazard in Turkey and Neighboring Regions.” Annali di Geofisica 42(6), 1999.

- Özcebe S., Silva V. y Crowley H. “Seismic Hazard and Risk Assessment of Turkey.” Second European Conference on Earthquake Engineering and Seismology, 2014.
- Isık E., Harirchian E., Büyüksaraç A. y Ekinçi Y. “Seismic and Structural Analyses of the Eastern Anatolian Region (Turkey) Using Different Probabilities of Exceedance.” Applied System Innovation 4, 89, 2021.
- Aksoylu C., Mobark A., Arslan M.H. y Erkan I.H. “A Comparative Study on ASCE 7-16, TBEC-2018 and TEC-2007 for Reinforced Concrete Buildings.” Revista de la Construcción 19(2), 2020.
- Kelam A.A., Karimzadeh S., Yousefibavil K., Akgün H., Askan A., Erberik M.A., Koçkar M.K., Pekcan O., Ciftci H. “An evaluation of seismic hazard and potential damage in Gaziantep, Turkey using site specific models for sources, velocity structure and building stock.” Soil Dynamics and Earthquake Engineering 154, 2022.

11 Comentarios finales

Se presentó un compendio de información disponible en Internet al día 14 de febrero de 2023 sobre los sismos de Turquía del 06 de febrero de 2023 y sus efectos en la zona sur de Turquía y la zona norte de Siria. Como se pudo observar, se generaron daños cuantiosos en edificios y en la infraestructura de ambos países. Se presentaron algunos aspectos sismológicos de los terremotos, registros sísmicos, y daños observados.

De manera general se puede comentar lo siguiente:

1. La geología de las fallas en la región es muy compleja. Ya había estudios que estimaban la ocurrencia de grandes terremotos en la zona y los daños que se podían esperar.
2. A reserva de verificar los datos, se puede decir que las intensidades de los movimientos sísmicos fueron muy altas, superando incluso 2g en algunos registros sísmicos. Eso explica los niveles de daño observados en varias ciudades de Turquía y Siria. Las ordenadas espectrales de algunos espectros de respuesta superaron por mucho a aquellas de los espectros de diseño.
3. Muchos edificios tenían evidentes deficiencias constructivas (también conocidas como patologías) que los hacía vulnerables, como plantas bajas débiles. Ese tipo de problemas son la constante después de grandes terremotos, por lo que la comunidad internacional debe actuar para resolver esos problemas y evitar tantos daños y pérdidas humanas.
4. Existe una gran polémica sobre algunas “amnistías” del gobierno a algunas construcciones que no cumplían con la reglamentación sísmica. Se debe trabajar para que ello no se repita en otras partes del mundo. La seguridad de las comunidades debe ser la prioridad sobre cualquier otro tipo de interés (económico, político, o cualquier otro).
5. Este terremoto se ha convertido en uno de los más mortíferos de la historia de la región y del mundo, por lo que se debe estudiar lo sucedido con mucho detalle en el futuro, con la intención de aprender todos como comunidad y reducir el riesgo sísmico en el futuro.