Boletín de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat. ISSN 1317-6781 https://n2t.net/ark:/42414/banih/722026/177
Caracas, Nº 72. Edición especial, octubre 2026: 231 – 246

LOS TERREMOTOS DEL 24 DE JUNIO DE 2026 EN VENEZUELA. REVISIÓN DE LA FUENTE SÍSMICA, EFECTOS DE CAMPO CERCANO, RESPUESTA DE SITIO Y LECCIONES PARA LA NORMATIVA SISMORRESISTENTE(*)

Carlos GENATIOS [1,2,3]
Marianela LAFUENTE [1,2,4]

RESUMEN

Los terremotos del 24 de junio de 2026 plantean una cuestión central para la ingeniería sísmica venezolana: cómo interpretar una secuencia en la que magnitud, proximidad a la fuente, poca profundidad, extensión de ruptura, directividad, condiciones locales del suelo y la ocurrencia de dos eventos mayores separados por pocos segundos actuaron de manera combinada. En estructuras próximas a fallas extensas, la distancia mínima a la superficie de ruptura, la dirección de propagación, la distribución del deslizamiento y las características de los pulsos pueden ser tan importantes como la magnitud o la distancia epicentral.

La evolución de las soluciones del U.S. Geological Survey (USGS) ilustra esta complejidad. Mientras el evento Mw 7,2 permaneció asociado al sector oriental de San Felipe, la solución revisada del Mw 7,5 fue desplazada significativamente hacia el este, hasta localizarse aproximadamente 17 km al oeste de Catia La Mar. La incorporación de información adicional, incluyendo observaciones InSAR de NISAR, permitió refinar el modelo de falla finita, particularmente en el tramo oriental de la ruptura.

Este trabajo examina los efectos de campo cercano, la directividad de ruptura, los pulsos de velocidad, el desplazamiento tectónico permanente, la direccionalidad de las componentes horizontales y la posible carga secuencial asociada a dobletes. También revisa la Norma Venezolana COVENIN 1756-1:2019 y su tratamiento de la proximidad a fallas, la microzonificación y los estudios especiales de amenaza.

A partir de las experiencias de Valdivia, Northridge, Kobe, Chi-Chi y Türkiye, se propone una agenda de revisión para Venezuela que incluya criterios explícitos para estudios de campo cercano, uso de distancia a la ruptura, actualización de mapas de fallas activas, análisis probabilístico y por escenarios, reglas para selección de registros con pulsos, fortalecimiento de la microzonificación, evaluación de la componente vertical e instrumentación sísmica. La ausencia de registros locales de movimiento fuerte en 2026 limita la capacidad de aprendizaje y refuerza la necesidad de reconstruir una red sismológica nacional.

ABSTRACT

The june 24, 2026 earthquakes in Venezuela: Review of the seismic source, near-fault effects, site response, and lessons for seismic design standards

The earthquakes of June 24, 2026 raise a central question for Venezuelan earthquake engineering: how should a sequence be interpreted when magnitude, source proximity, shallow depth, rupture extent, directivity, local soil conditions, and two major events separated by only a few tens of seconds acted in combination? For structures located near long faults, minimum distance to the rupture surface, rupture propagation direction, spatial slip distribution, and pulse characteristics may be as important as magnitude or epicentral distance.

The evolution of the U.S. Geological Survey (USGS) solutions illustrates this complexity. While the Mw 7.2 event remained associated with the area east of San Felipe, the revised Mw 7.5 solution was shifted substantially eastward and is currently located approximately 17 km west of Catia La Mar. The incorporation of additional information, including NISAR InSAR observations, enabled refinement of the finite-fault model, particularly along the eastern portion of the rupture.

This study examines near-fault effects, rupture directivity, velocity pulses, permanent tectonic displacement, horizontal ground-motion directionality, and the potential effects of sequential loading associated with earthquake doublets. It also reviews the Venezuelan seismic standard COVENIN 1756-1:2019 and its treatment of fault proximity, seismic microzonation, and special hazard studies.

Drawing on the experiences of Valdivia, Northridge, Kobe, Chi-Chi, and Türkiye, the paper proposes a revision agenda for Venezuela that includes explicit criteria for near-fault studies, use of rupture distance, updated active-fault maps, probabilistic and scenario-based analyses, rules for selecting pulse-like records, strengthened seismic microzonation, evaluation of the vertical ground-motion component, and improved seismic instrumentation. The absence of local strong-motion recordings from the 2026 earthquakes limits the ability to fully learn from this exceptional sequence and reinforces the need to rebuild a national accelerograph network.

[1] Profesor Titular, Universidad Central de Venezuela.
[2] Individuo de Número de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat.
[3] Director of Engineering, Technology & Design, Miami Dade College.
[4] Miembro del Comité Directivo de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat.

Palabras clave: Venezuela; terremotos de 2026; La Guaira; San Sebastián; campo cercano; directividad de ruptura; pulsos de velocidad; doblete sísmico; microzonificación; COVENIN 1756-1:2019; diseño sismorresistente.
Keywords: Venezuela; 2026 earthquakes; La Guaira; San Sebastián; near-fault effects; rupture directivity; velocity pulses; earthquake doublet; seismic microzonation; COVENIN 1756-1:2019; seismic-resistant design.

(*) Nota: Este artículo incorpora información pública y literatura técnica disponible hasta el 2 de septiembre de 2026. Los productos sismológicos de un terremoto grande pueden cambiar conforme se incorporan fases sísmicas revisadas, modelos de momento, datos geodésicos e InSAR y modelos de falla finita.

1. Introducción: por qué este terremoto obliga a mirar más allá de la magnitud

La ingeniería sísmica suele comenzar con una pregunta aparentemente simple: cuál fue la magnitud del terremoto y a qué distancia ocurrió. Para el doblete venezolano del 24 de junio de 2026 esa formulación es insuficiente. Dos eventos de gran magnitud ocurrieron en un intervalo muy corto, afectaron un sistema de fallas de cientos de kilómetros de extensión regional y produjeron una distribución de daños cuya severidad en La Guaira y Caracas llamó la atención desde las primeras horas. En una secuencia así, la noción de un único epicentro como centro geométrico del problema puede inducir a interpretaciones engañosas. Un terremoto de Mw 7,5 no es una fuente puntual: la ruptura ocurre a lo largo de una superficie extensa, el deslizamiento no es uniforme y la energía no se irradia de la misma manera en todas las direcciones.

Este artículo se concentra en la demanda sísmica y sus implicaciones normativas. No pretende sustituir los estudios forenses de edificios, puentes, sistemas portuarios, aeropuertos o redes de servicios. Tampoco atribuye cada colapso a un pulso de directividad. La respuesta de una estructura depende de su tipología, materiales, detalles del diseño, deterioro, modificaciones, irregularidades, cimentación y suelo. El objetivo es más acotado: establecer qué características de la fuente y del movimiento son suficientemente importantes para que Venezuela las incorpore de manera explícita en la investigación posterior al desastre y en la revisión de sus normas.

Hay tres razones para hacerlo. La primera es científica. La solución del USGS para el evento Mw 7,5 cambió sustancialmente entre los productos rápidos y el catálogo revisado. Comprender por qué cambió es esencial para no construir conclusiones permanentes sobre datos provisionales. La segunda es ingenieril. Las zonas más dañadas del litoral quedaron muy cerca del epicentro revisado, en un entorno donde los efectos de campo cercano y la respuesta de depósitos aluviales profundos pueden interactuar. La tercera es institucional. La falta de registros acelerográficos locales limita la posibilidad de comparar directamente la demanda real con los espectros de diseño, por lo que cualquier reforma normativa debe distinguir entre evidencia medida, reconstrucción modelada y deducción basada en daños.

La literatura internacional muestra que los terremotos de campo cercano han provocado cambios normativos importantes. Después de Valdivia 1960, Northridge 1994 y Kobe 1995, el Uniform Building Code de 1997 introdujo factores de cercanía a falla para zonas próximas a fallas activas. Después de Chi-Chi 1999, Taiwán revisó sus procedimientos de fuerza sísmica y espectros con atención expresa al efecto cercano a falla. Nueva Zelanda mantuvo durante años un factor de cercanía, pero estudios recientes advierten que, si la directividad ya está incorporada en el modelo probabilístico de amenaza, añadir un factor adicional puede contar dos veces el mismo fenómeno (Bradley y Weatherill, 2025). Esta evolución es particularmente útil para Venezuela: una norma moderna debe reconocer el campo cercano sin volver a soluciones demasiado simplificadas.

2. Marco tectónico del norte de Venezuela

El norte de Venezuela se ubica en un límite de placas complejo entre el Caribe y Suramérica. La deformación no se concentra en una única falla continua, sino que se reparte entre sistemas de fallas activas, entre ellas Boconó, San Sebastián y El Pilar, además de estructuras asociadas y segmentos submarinos. El inventario de fallas cuaternarias elaborado por Beltrán (Beltrán, 1993) y Audemard et al. (2000) y las síntesis neotectónicas posteriores documentan un régimen dominante de transpresión y deslizamiento lateral dextral a lo largo de buena parte del margen septentrional del país. En términos de amenaza, esto significa que el corredor densamente urbanizado del centro norte venezolano convive con fuentes capaces de generar terremotos grandes y rupturas longitudinalmente extensas.

La falla de San Sebastián tiene especial importancia para el litoral central. Su geometría costera y parcialmente submarina hace que una ruptura de rumbo pueda transcurrir muy cerca de centros urbanos, del aeropuerto de Maiquetía, del puerto de La Guaira y del borde norte de Caracas. Esa relación espacial es distinta de la que se inferiría si se representara el terremoto únicamente mediante un punto ubicado en Yaracuy. Cuando una falla de rumbo se extiende paralela a una costa urbanizada, múltiples comunidades pueden quedar a pequeña distancia de distintos segmentos de la misma ruptura, aun cuando estén separadas por decenas o centenares de kilómetros a lo largo del rumbo.

También existen antecedentes históricos de terremotos grandes en el mismo sistema. El terremoto de 1900 frente al centro norte venezolano ha sido asociado en la literatura con la falla de San Sebastián o estructuras vecinas, y el terremoto de 1812 se ha interpretado como una secuencia compleja con más de una ruptura. Estos antecedentes no implican que el

evento de 2026 sea una repetición exacta, pero sí muestran que la amenaza de rupturas grandes y múltiples no puede considerarse una anomalía ajena al marco tectónico venezolano. La cartografía de fallas activas, por tanto, debe ser un insumo normativo vivo, actualizado con geología, paleosismología, geodesia y sismología, no un mapa estático que se revisa únicamente después de una catástrofe.

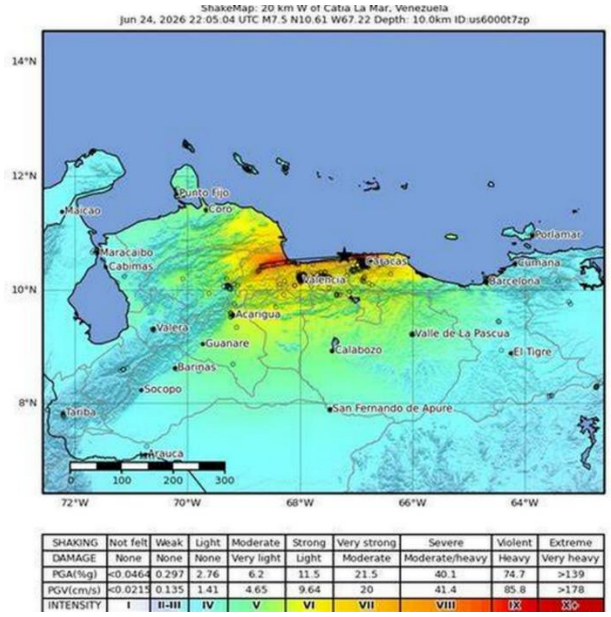
El trabajo de Urbani Patat (2026), publicado por la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat, es particularmente útil para visualizar la diversidad de localizaciones epicentrales difundidas por USGS, GFZ y EMSC durante la fase inicial del desastre. El propio propósito de esa recopilación es cartográfico y cauteloso: superponer soluciones de agencias sobre la geología regional sin forzar una conclusión prematura. Esa cautela es metodológicamente correcta y ofrece una enseñanza para la gestión de emergencias: los mapas rápidos son indispensables, pero deben llevar fecha, versión y nivel de revisión.

3. La secuencia del 24 de junio de 2026

3.1. Dos eventos mayores con separación de decenas de segundos

El USGS caracteriza la secuencia como un doblete. Su producto general para el evento Mw 7,2 indica que ese sismo fue el primer evento y que fue seguido por el Mw 7,5 apenas decenas de segundos después. Distintos productos del propio USGS han expresado el intervalo como 39 segundos y, en una actualización posterior, como 32 segundos. La diferencia refleja cambios de origen y convenciones entre productos, por lo que una redacción técnica prudente es hablar de aproximadamente medio minuto o, cuando se use una cifra exacta, identificar el producto y la versión que la sustenta (USGS, 2026a) (fig. 1)

Desde el punto de vista estructural, la proximidad temporal distingue un doblete de una secuencia convencional en la que una réplica importante ocurre horas o días después. En treinta o cuarenta segundos no existe tiempo para inspeccionar, evacuar de forma organizada, apuntalar, interrumpir servicios o evaluar daños. El segundo evento actúa sobre estructuras que pueden haber perdido rigidez, acumulado deformación inelástica, abierto juntas, dañado tabiques, desplazado apoyos o reducido resistencia durante el primero. La magnitud similar de ambos eventos aumenta el interés de esta hipótesis de carga secuencial. Sin embargo, la magnitud por sí sola no demuestra qué nivel de daño acumuló cada estructura; esa cuestión requiere análisis no lineales y reconstrucción de los dos movimientos en cada sitio.



SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
DAMAGE	None	None	None	Very light	Light	Moderate	Moderate/heavy	Heavy	Very heavy
PGA(%g)	<0.0464	0.297	2.76	6.2	11.5	21.5	40.1	74.7	>139
PGV(cm/s)	<0.0215	0.135	1.41	4.65	9.64	20	41.4	85.8	>178
INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

Figura 1. ShakeMap del evento Mw 7,5 del 24 de junio de 2026, con intensidades estimadas y distribución espacial del sacudimiento. Fuente: U.S. Geological Survey, ShakeMap del evento us6000t7zp, consultado en septiembre de 2026

3.2. Parámetros esenciales y estado de revisión

Tabla 1. Síntesis de parámetros y cautelas de interpretación. Fuente principal: productos USGS de los eventos us6000t7zc y us6000t7zp, consultados en 2026. Las denominaciones espaciales corresponden al estado revisado del catálogo para distinguirlas de las primeras soluciones difundidas en junio.

Aspecto	Evento Mw 7,2	Evento Mw 7,5	Comentario de uso ingenieril
Rol en la secuencia	Primer evento, precursor del doblete	Evento principal del doblete	No debe asumirse que el segundo fue una réplica ordinaria de baja magnitud.
Magnitud preferida USGS	Mw 7,2	Mw 7,5	Magnitudes comparables, con potencial de demanda secuencial.
Localización revisada	≈20 km E de San Felipe	≈17 km O de Catia La Mar	La solución del Mw 7,5 cambió sustancialmente respecto de las primeras horas.
Profundidad reportada en productos tempranos/revisados	del orden de 20 km en soluciones ampliamente citadas	≈10 km	Ambos son sismos corticales relativamente someros; la profundidad por sí sola no define el campo cercano.
Intervalo		≈30-40 s después del primero	USGS ha mostrado 39 s en un encabezado y 32 s en texto actualizado.
PAGER	Rojo	Rojo	El nivel PAGER expresa expectativa de pérdidas, no un parámetro de diseño estructural.

La situación puede considerarse todavía más compleja al verificar que el sismo de magnitud Mw 7.5 libera 2.8 veces más energía que el de magnitud Mw 7.2, y lo que convierte el problema en algo todavía más crítico, es la localización del segundo evento, muy cercano a las zonas pobladas de La Guaira, y con una profundidad muy somera, de unos 10 km.

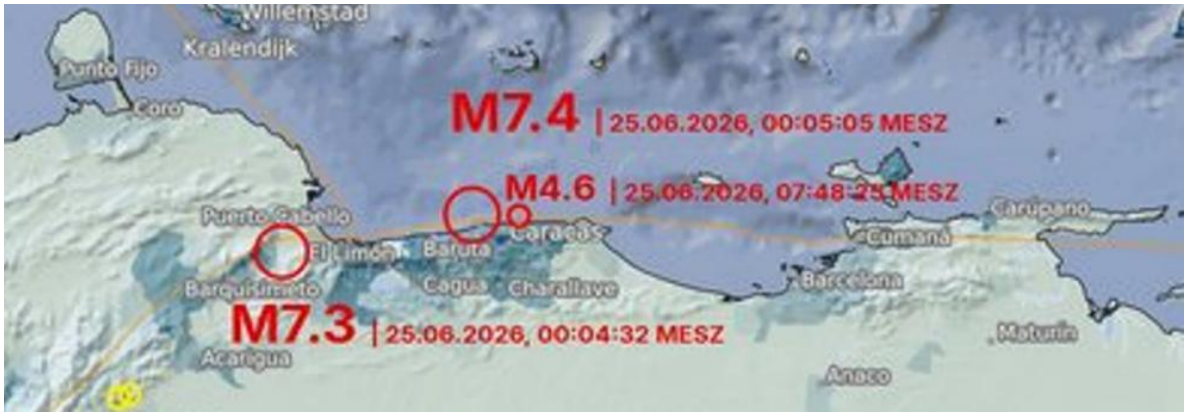
Los informes técnicos rápidos elaborados durante junio y julio trataron razonablemente la secuencia con los datos disponibles en ese momento. El EERI publicó el 30 de junio un VERT Report de fase 1 basado en información pública de las primeras 48 horas y con verificación de campo limitada. La Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica publicó en julio un reporte extenso de daños que también utilizó las coordenadas preliminares del USGS vigentes entonces. El hecho de que estos documentos conserven una localización temprana no invalida sus observaciones de daño, pero sí obliga a separar dos capas de información: la evidencia de campo y la interpretación sismológica provisional (EERI, 2026; Méndez Galindo et al., 2026).

El patrón espacial estimado de intensidades para el evento Mw 7,5 se aprecia en la Figura 1. Aunque se trata de un producto operacional, resulta útil para visualizar por qué la franja costera entre Caracas y La Guaira quedó en el centro de la discusión técnica.

3.3 Los análisis presentados por la agencia alemana GFZ

Un aspecto particularmente relevante de estos terremotos fue la rapidez con la que el GFZ Helmholtz Centre for Geosciences de Potsdam, Alemania, logró reconocer la complejidad del proceso de ruptura. En un informe publicado el 26 de junio de 2026, apenas dos días después de los eventos, el GFZ señaló que los dos sismos principales, separados por solo 39 segundos, podían interpretarse físicamente como dos subrupturas de un mismo proceso de ruptura prácticamente continuo. La institución estimó magnitudes Mw 7,3 y Mw 7,4 y localizó la segunda subruptura aproximadamente 160 km al este de la primera, más próxima a Caracas. También advirtió que la superposición de las formas de onda generadas por ambas subrupturas hacía particularmente compleja la evaluación sismológica y contribuía a explicar las diferencias iniciales entre las soluciones publicadas por distintos servicios internacionales. El GFZ propuso, con carácter de hipótesis preliminar, que la primera ruptura pudo haberse iniciado hacia el extremo nororiental de la falla de Boconó y que la segunda ocurrió más al este, asociada al sistema de la falla de San Sebastián. Esta capacidad de identificar rápidamente un proceso de ruptura complejo pone de manifiesto la importancia de las redes sismológicas globales y del análisis casi en tiempo real para comprender terremotos poco convencionales y orientar las evaluaciones posteriores de amenaza, directividad y distribución espacial de los efectos.(GFZ Helmholtz Centre for Geosciences. 2026) (fig. 2)

.



.*Figura 2: localización de epicentros (GFZ German Research Centre for Geosciences, 2026)*

4. Lo que dijo el USGS inicialmente y lo que cambió

4.1. La solución rápida: San Felipe-Yumare

Durante las primeras horas, los productos automáticos y revisiones rápidas del USGS situaron el evento Mw 7,2 en las cercanías de San Felipe y el Mw 7,5 en el entorno de Yumare, con ambos puntos relativamente próximos entre sí. Capturas y productos conservados de esa fase muestran para el Mw 7,5 descripciones como 23 km o 28 km al sureste de Yumare, con profundidad cercana a 10 km. Estas soluciones dominaron la comunicación internacional inicial y, por ello, fueron reproducidas por informes humanitarios, medios, equipos de reconocimiento y documentos técnicos publicados pocos días después.

Esa primera interpretación era comprensible. El segundo terremoto comenzó cuando las ondas del primero todavía atravesaban las fallas sísmicas. El solapamiento dificulta identificar con precisión las primeras llegadas de la segunda ruptura. En un terremoto grande de rumbo, además, el punto de inicio, el centroide del momento y la zona de máximo deslizamiento pueden encontrarse muy separados. Si la red local es escasa o está degradada, la resolución empeora. Por eso, un catálogo de emergencia debe verse como un producto dinámico, no como una sentencia geológica definitiva.

4.2. La revisión: el Mw 7,5 frente al litoral central

La localización preferida del Mw 7,5 fue posteriormente revisada por el USGS y el catálogo pasó a identificar el evento como aproximadamente 17 km al oeste de Catia La Mar, con coordenadas cercanas a 10,622° N y 67,194° O y profundidad de 10 km. La Red Sísmica de Puerto Rico reproduce esa solución para el evento de las 22:05 UTC. La comparación con las primeras localizaciones cercanas a Yumare implica un desplazamiento del punto preferido del orden de 140 km hacia el este. El cambio es suficientemente grande para modificar de forma radical la intuición basada en distancia epicentral respecto de La Guaira (USGS, 2026b; Red Sísmica de Puerto Rico, 2026).

La solución fue actualizada varias veces durante julio y agosto. Más importante que el número de revisiones es la razón física: las observaciones geodésicas y de deformación superficial mostraron una ruptura mucho más extensa hacia el este de lo que sugería una lectura puntual de las primeras soluciones. NASA informó que NISAR observó desplazamiento especialmente intenso cerca de Caracas y La Guaira, con movimientos horizontales de hasta aproximadamente 60 cm al sur de un segmento oriental, y que esos datos fueron utilizados por el USGS para refinar el modelo de falla finita (NASA Earth Observatory, 2026).

Este episodio ilustra por qué la ingeniería no debe confundir hipocentro con fuente. El punto de origen indica dónde comienza o dónde el algoritmo localiza preferentemente la ruptura, mientras que el modelo de falla finita describe una superficie donde el deslizamiento varía en el espacio y el tiempo. Para evaluar demanda en una estructura situada junto a una falla larga interesa, entre otras variables, la distancia mínima a la ruptura (Rrup), la distancia a la proyección superficial (Rjb), la posición respecto del frente de ruptura y la dirección de propagación. Dos edificios con la misma distancia al epicentro pueden experimentar movimientos muy diferentes si uno se encuentra en la dirección de propagación y otro detrás del frente de ruptura.

Los datos satelitales aportan una pieza independiente de evidencia. La Figura 3 muestra el patrón de desplazamiento superficial derivado de NISAR, cuya lectura fue clave para refinar la interpretación de la ruptura y entender la severidad del daño en La Guaira y el entorno de Caracas.

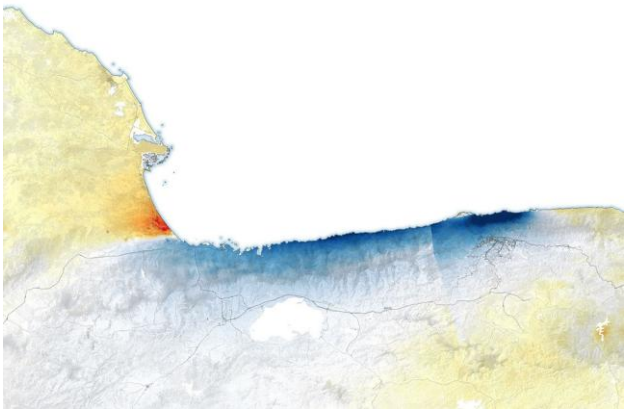


Figura 3. Desplazamiento superficial observado tras la secuencia del 24 de junio de 2026, derivado de datos NISAR. Fuente: NASA Earth Observatory, mapa de Lauren Dauphin con datos provistos por Eric Fielding y procesados por el equipo científico de NISAR en el Jet Propulsion Laboratory, publicado el 10 de julio de 2026.

4.3. El cambio del USGS no debe narrarse como una contradicción, sino como una revisión

En la discusión pública puede resultar tentador presentar la relocalización como un error inicial de gran magnitud. Esa formulación es incompleta. Los sistemas de respuesta rápida están diseñados para entregar información útil en minutos y después mejorarla. Para un evento compuesto por dos terremotos grandes casi superpuestos, la incertidumbre de origen es mayor de lo habitual. El procedimiento científicamente correcto es conservar la trazabilidad: fecha y hora de cada solución, agencia, tipo de producto, estado automático o revisado y parámetros utilizados.

La consecuencia para publicaciones académicas es directa. Un capítulo o artículo que cite "USGS 2026" sin registrar el identificador del evento y la fecha de consulta puede mezclar versiones incompatibles. En este documento se usan los identificadores us6000t7zc para Mw 7,2 y us6000t7zp para Mw 7,5, y se distingue la solución preliminar de la revisada. Para bases de datos nacionales convendría adoptar el mismo criterio: nunca sobrescribir silenciosamente el valor anterior, sino conservar un historial de versiones y un campo que indique qué solución se considera preferida.

5. Lo que se ha dicho desde Venezuela y en la ingeniería regional

En Venezuela, la discusión técnica se desarrolló en paralelo con la emergencia. La Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat (ANIH) publicó una recopilación geocientífica de Franco Urbani Patat que superpone las localizaciones de distintas agencias sobre cartografía geológica y evita forzar conclusiones mientras las soluciones estaban cambiando. Este enfoque es valioso porque permite mostrar la incertidumbre y, al mismo tiempo, recordar que la relación entre epicentros y fallas debe evaluarse dentro de una cartografía regional más amplia (Urbani Patat, 2026). Michael Schmitz, también

miembro de la ANIH, presentó en una conferencia, a menos de una semana de ocurrido el evento, consideraciones sobre las características, localización y nomenclatura del sismo, que contribuyeron a la comprensión del fenómeno.

Otro componente del debate se refiere a la ausencia de registros acelerográficos locales suficientes. El informe de Bernal y Cardona (2026) parte expresamente de esa limitación y desarrolla una modelación física del movimiento fuerte para el segundo terremoto. Los autores generan acelerogramas sintéticos para Catia La Mar, La Guaira y Caraballeda, y exploran la amplificación por depósitos aluviales. Sus resultados muestran pulsos de velocidad y una demanda importante en periodos intermedios y largos, coherente con una ruptura con directividad hacia el este. Debe insistirse en la palabra "sintéticos": son reconstrucciones técnicamente informadas, no acelerogramas medidos en esas localidades. Su valor es grande para plantear hipótesis y escenarios, pero no deben citarse como medición directa.

El reporte de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica constituye otra referencia útil porque integra sismología, geotecnia, estructuras e infraestructura. Al haber sido preparado en julio, conserva las coordenadas preliminares del segundo evento cerca de Yumare. Esto ofrece un ejemplo concreto de cómo una publicación técnicamente seria puede quedar desactualizada en un parámetro sismológico mientras siguen siendo útiles sus observaciones de daños y recomendaciones sobre instrumentación, microzonificación, inspección y resiliencia (Méndez Galindo et al., 2026).

La situación también revaloriza investigaciones venezolanas anteriores. Ambrosio (2002) y Romero et al. (2006) caracterizaron los conos aluviales entre La Guaira y Tanaguarena mediante refracción sísmica, gravimetría y ruido ambiental. Encontraron niveles freáticos del orden de 5 a 10 m, profundidades máximas del basamento de alrededor de 180 m en La Guaira, 290 m en Macuto y 450 m en Caraballeda, y periodos predominantes generalmente entre 0,9 y 1,8 s. (Schmitz, M., 2026). Esos datos, publicados dos décadas antes del terremoto, muestran que la necesidad de microzonificación y análisis de respuesta de sitio no nació en 2026. El desastre puso en evidencia el costo de no convertir conocimiento existente en reglas urbanas, bases de datos y prácticas rutinarias de diseño.

La literatura sobre el terremoto de Caracas de 1967 es igualmente relevante. Seed et al. (1972) documentaron la relación entre condiciones del suelo y daño de edificios, incluyendo colapsos de edificios de 10 a 12 pisos y daños en Caraballeda. El mensaje no es que 1967 y 2026 sean movimientos equivalentes, sino que la vulnerabilidad asociada a depósitos sedimentarios y coincidencia de periodos es un problema histórico conocido. La revisión normativa posterior a 2026 debe conectar ambas escalas: fuente cercana y respuesta local del terreno.

6. Qué significa realmente "campo cercano"

6.1. Cercanía geométrica y cercanía física

El término "campo cercano" se utiliza con frecuencia como sinónimo de poca distancia al epicentro. En ingeniería sísmica esa simplificación es peligrosa. Para una fuente finita de gran tamaño, la distancia más pertinente puede ser la mínima distancia a la superficie de ruptura. Un punto urbano puede estar a decenas de kilómetros del hipocentro y, sin embargo, quedar a pocos kilómetros de un segmento que rompió más tarde. Por el contrario, un sitio cercano al epicentro puede estar fuera del corredor de mayor directividad.

La profundidad somera aumenta la probabilidad de que la ruptura se aproxime a la superficie y, por tanto, de que existan zonas urbanas a pequeña distancia de la fuente. Pero poca profundidad no equivale automáticamente a un pulso. Para que aparezca una señal de directividad fuerte deben combinarse la geometría de la falla, la dirección y velocidad de propagación, la posición del sitio y la coherencia de la radiación. La literatura distingue entre proximidad a falla y movimiento *pulse-like*. Baker (2007) desarrolló un procedimiento cuantitativo para identificar pulsos en registros de velocidad precisamente porque una clasificación basada únicamente en distancia es insuficiente.

6.2. Directividad de ruptura y pulsos de velocidad

La directividad hacia adelante ocurre cuando la ruptura se propaga hacia el sitio a una velocidad comparable con la de las ondas de corte. Parte de la energía radiada en diferentes instantes llega comprimida en el tiempo y puede formar un pulso grande, especialmente en la componente aproximadamente normal a la falla. Somerville et al. (1997) mostraron que la directividad produce variaciones espaciales de amplitud y duración que no están capturadas completamente por una relación de atenuación basada solo en magnitud y distancia. Bray y Rodriguez-Marek (2004) describieron estos movimientos mediante amplitud, periodo del pulso y número de pulsos significativos, resaltando la demanda severa que pueden imponer a estructuras cercanas a la falla.

El parámetro más intuitivo es el periodo del pulso, Tp. Si Tp se aproxima al periodo fundamental de una estructura o a periodos alcanzados durante la degradación no lineal, el desplazamiento y las demandas de ductilidad pueden crecer. Para edificios de mediana altura, puentes y sistemas aislados, los periodos de uno a varios segundos son particularmente relevantes. Esto conecta la fuente con el sitio: los depósitos sedimentarios de La Guaira muestran periodos predominantes que también se ubican en el rango aproximado de un segundo o más. Una evaluación completa debe estudiar si fuente, suelo y estructura se alinearon en bandas de periodo desfavorables, en lugar de atribuir el daño a un único mecanismo.

Los modelos modernos de directividad no son uniformes. Spudich et al. (2014) compararon cinco modelos desarrollados en el marco NGA-West2 y mostraron diferencias importantes

en la distribución espacial y magnitud de la amplificación. Esta dispersión desaconseja el uso de una única corrección determinista. En la misma línea, Poulos y Miranda (2022) mostraron que la respuesta espectral horizontal puede variar significativamente con la orientación del movimiento. Por ello, una norma moderna debería considerar la directividad y la direccionalidad mediante varios modelos, ponderaciones o análisis de sensibilidad, especialmente para estructuras importantes.

6.3. Fling-step, desplazamiento permanente y componente vertical

Los movimientos sísmicos, y especialmente los de campo cercano, pueden incluir un desplazamiento tectónico permanente del terreno, conocido en la literatura como *fling-step*. Este fenómeno se origina en el desplazamiento irreversible asociado con la ruptura de la falla y es distinto de la directividad de ruptura, aunque ambos efectos pueden coexistir. El desplazamiento tectónico permanente puede manifestarse mediante un pulso de velocidad predominantemente unidireccional que conduce a un desplazamiento final no nulo del terreno, condición que puede ser especialmente relevante para puentes, tuberías, muelles, juntas, apoyos y otros sistemas con capacidad limitada para acomodar grandes desplazamientos permanentes. En el litoral, donde la ruptura y la deformación del terreno pueden desarrollarse en proximidad a infraestructura crítica, este efecto merece una evaluación específica dentro de los estudios de amenaza y diseño sísmico (Kamai et al., 2014).

La componente vertical también puede ser relevante cerca de la fuente. En códigos ordinarios suele recibir un tratamiento simplificado respecto de las componentes horizontales, pero en instalaciones críticas, puentes, elementos en voladizo, conexiones y equipos sensibles puede afectar fuerzas axiales, fricción y capacidad de apoyo. El terremoto de 2026 y su impacto en La Guaira, ofrece una razón para revisar si se cuándo debe exigirse explícitamente análisis tridimensional con historias verticales compatibles con el peligro del sitio.

Tabla 2. Fenómenos que deben distinguirse al hablar de campo cercano. Elaboración propia a partir de Somerville et al. (1997), Bray y Rodriguez-Marek (2004), Baker (2007) y Spudich et al. (2014).

Fenómeno	Origen físico	Efecto ingenieril típico	Cómo debería evaluarse
Directividad hacia adelante	Propagación de la ruptura hacia el sitio	Pulso intenso, duración efectiva concentrada, polarización	Modelo de fuente finita, posición del sitio, modelos de directividad y registros compatibles.
Pulso de velocidad	Coherencia temporal de la radiación	Grandes desplazamientos y demandas de ductilidad en torno a Tp	Clasificación de registros, periodo de pulso, análisis no lineal.
Fling-step	Desplazamiento tectónico permanente	Desplazamientos residuales, demanda en juntas y apoyos	Registros de movimiento fuerte que preserven el desplazamiento tectónico permanente, verificando la consistencia entre aceleración, velocidad y desplazamiento.
Componente vertical	Radiación cercana a fuente y geometría	Variación de fuerzas axiales, apoyo y fricción	Análisis 3D en estructuras críticas, criterios V/H apropiados.
Carga secuencial	Dos eventos fuertes en intervalo corto	Segundo evento sobre rigidez/resistencia degradada	Análisis no lineal secuencial con dos historias y estado residual.
Efectos de sitio	Contraste de impedancia y cuencas sedimentarias	Amplificación, prolongación, resonancia	Microzonificación, perfiles Vs, análisis de respuesta de sitio.

7. La combinación particular de La Guaira: fuente cercana y depósitos aluviales profundos

La Guaira constituye un laboratorio natural difícil y, al mismo tiempo, una zona urbana de altísima exposición. La franja entre la montaña y el mar está construida sobre conos aluviales y depósitos costeros de gran espesor. La geomorfología que permitió crear superficies relativamente planas para urbanizar es precisamente la que produce fuertes contrastes de impedancia y cuencas sedimentarias profundas. Cuando una ruptura importante ocurre cerca de esos depósitos, el movimiento que llega desde la fuente puede ser modificado en amplitud, duración y contenido frecuencial antes de alcanzar las edificaciones.

Romero et al. (2006) documentaron que el basamento se inclina fuertemente hacia el norte y que los depósitos alcanzan cientos de metros de espesor. Los periodos de vibración del terreno entre 0,9 y 1,8 s son relevantes para edificios intermedios. Esto no significa que todos los edificios de ese rango deban entrar en resonancia, porque el periodo estructural varía con altura, rigidez, sistema resistente, mampostería y daño. Sin embargo, identifica una banda que debe estudiarse con especial atención en la reconstrucción del movimiento y en la microzonificación.

El nivel freático somero introduce otra dimensión. Suelos granulares saturados pueden ser susceptibles a licuación y a desplazamiento lateral, especialmente cerca de la costa, canales, muelles y rellenos. Daños geotécnicos observados después del

terremoto deben ser diferenciados de la respuesta puramente estructural. Una cimentación puede desplazarse o perder soporte aunque la superestructura haya sido diseñada correctamente, y una estructura vulnerable puede fallar con o sin licuación. La investigación forense debe conservar ambas hipótesis hasta contar con sondeos, ensayos y geometría de deformaciones.

La experiencia de 1967 muestra el valor de estudiar el conjunto suelo-estructura. Seed et al. (1972) relacionaron daños severos con combinaciones desfavorables de suelo y edificio en Caracas. Ese antecedente es esencial para 2026 porque evita interpretar el campo cercano como explicación única. La demanda que finalmente alcanza una estructura es el producto de la fuente, la propagación regional, la respuesta de cuenca, la estratigrafía local y la interacción suelo-cimentación-estructura. La norma debe organizar esa cadena, no sustituirla por un solo factor.

8. El doblete como problema de carga secuencial

La ingeniería normativa suele definir acciones sísmicas mediante un terremoto de diseño o un conjunto de registros independientes. Un doblete fuerte introduce una pregunta distinta: qué ocurre cuando un segundo movimiento severo llega antes de que el sistema haya recuperado un estado elástico o estable. Esta condición puede importar en edificios con degradación cíclica, marcos de concreto con daño en nudos o columnas, mampostería de relleno que pierde rigidez, disipadores que acumulan demanda, aisladores con desplazamiento residual y puentes con apoyos parcialmente desplazados.

El efecto no debe generalizarse sin evidencia. Algunas estructuras pueden completar el primer movimiento con daño mínimo y responder al segundo casi como si fuera un evento aislado. Otras pueden experimentar una reducción sensible de rigidez o resistencia. Para responder a esta pregunta se requieren pares de historias temporales que representen ambos sismos en el mismo sitio y respeten el intervalo real entre ellos. A pesar de haber tenido una red sismológica de importancia en 2000 y 2001, Venezuela no dispone hoy de una red adecuada y suficientemente densa, que pueda generar acelerogramas, y que permita hacerlo directamente, por lo que la investigación deberá combinar señales sintéticas, registros regionales y restricciones geodésicas.

Desde el punto de vista normativo, no parece prudente imponer de inmediato un factor universal por doblete. La evidencia internacional sobre secuencias mainshock-aftershock muestra una fuerte dependencia del daño inicial y de la relación entre intensidades. Una vía más razonable sería exigir un análisis de sensibilidad para instalaciones esenciales y sistemas de baja redundancia ubicados muy cerca de fallas capaces de producir rupturas segmentadas, mientras se desarrolla investigación nacional específica. En estructuras ordinarias, el aprendizaje del doblete puede incorporarse indirectamente mediante mayores exigencias de ductilidad real, continuidad, redundancia, inspección y desempeño residual. Esto establecería un factor de protección que procuraría cubrir la incertidumbre, especialmente en una normativa provisional que surgiría como respuesta al sismo de junio.

9. Qué contiene hoy la COVENIN 1756-1:2019 respecto de la cercanía de fallas

La COVENIN 1756-1:2019 representa un avance significativo respecto de la generación de 2001. Define la amenaza en roca mediante parámetros de variación continua, amplía la caracterización de sitio y requiere microzonificación en determinadas condiciones. Es importante no afirmar que la norma "no considera" la cercanía de fallas. El texto consultado establece que los estudios especiales de amenaza deben utilizar modelos apropiados de fuentes sismogénicas y relaciones de atenuación que tomen en cuenta los efectos de la cercanía de las fuentes. Además, el capítulo sobre la amenaza contempla revisión especializada para proyectos por cercanía de fallas (COVENIN, 2019).

La norma también reconoce la microzonificación como mecanismo capaz de sustituir parámetros generales por valores locales cuando existe un estudio avalado por la autoridad competente. Conceptualmente, esta es la vía correcta para regiones como Caracas y La Guaira, donde la variabilidad espacial del subsuelo no puede representarse adecuadamente con una sola clase de sitio. El problema es tanto técnico como institucional: disponer de un estudio no garantiza que se convierta en ordenanza, mapa oficial, base de datos interoperable y requisito exigible en permisos de construcción.

La pregunta posterior a 2026 es más específica: ¿son suficientes las reglas actuales para una ciudad situada junto a una ruptura capaz de generar directividad y pulsos? En la revisión realizada para este capítulo no se identificó, dentro del espectro prescriptivo ordinario, un factor general explícito que modifique la demanda por pulso o directividad en función de periodo y distancia de manera análoga a los factores históricos Na y Nv del UBC 1997 o al factor N(T,D) utilizado en Nueva Zelanda. Esto no demuestra una deficiencia automática. De hecho, la práctica moderna tiende a evitar factores globales cuando la amenaza específica ya incorpora directividad. La cuestión es si la norma venezolana establece con suficiente claridad cuándo un proyecto cercano a falla debe abandonar el procedimiento general y pasar a un estudio específico de fuente finita y selección de registros.

Tabla 3. Lectura de la norma vigente y preguntas de revisión. No constituye interpretación oficial de FODENORCA ni propuesta de articulado.

Tema	Tratamiento identificable en COVENIN 1756-1:2019	Pregunta que abre 2026
Amenaza sísmica	Mapas en roca y posibilidad de estudios especiales de amenaza.	¿Cuándo debe ser obligatorio un estudio específico para una falla capaz cercana?
Cercanía de fuentes	Relaciones de atenuación de estudios especiales deben tomar en cuenta cercanía.	¿Debe la nueva norma establecer criterios nacionales explícitos, basados principalmente en la distancia a la ruptura (Rrup) y en la magnitud potencial de la falla, para determinar cuándo deben aplicarse requisitos especiales de diseño por efectos de campo cercano y directividad? ¿Debe incorporarse adicionalmente la tasa de deslizamiento u otros indicadores de actividad de la falla?
Cercanía de fallas	Requisitos asociados a traza y mitigación.	¿Cómo integrar ruptura superficial, buffer cartográfico e incertidumbre de la traza con diseño estructural?
Microzonificación	Puede sustituir parámetros generales cuando está avalada.	¿Debe ser vinculante en La Guaira y actualizarse después de 2026?
Direccionalidad y pulsos	No se identificó un modificador prescriptivo general específico para pulsos en el espectro ordinario consultado.	¿Cómo incorporar directividad sin doble conteo?
Historias temporales	La norma contempla análisis dinámico y requisitos de acciones.	¿Cómo seleccionar registros pulse-like, orientar componentes y representar el doblete en instalaciones críticas?
Instrumentación	En el articulado de la norma.	¿Debe una política nacional ampliar la exigencia de colocar acelerógrafos en edificios e infraestructura estratégica?

10. Casos internacionales que cambiaron la forma de tratar el campo cercano

10.1. Northridge 1994 y el UBC 1997

El terremoto de Northridge de 1994 produjo movimientos muy fuertes en el área urbana de Los Ángeles. Estudios del USGS destacaron aceleraciones altas y pulsos de energía de periodo relativamente largo en determinadas estaciones, relacionados con la directividad de la ruptura. La experiencia de Northridge, junto con la de Kobe 1995, aceleró el reconocimiento normativo de que las zonas próximas a fallas activas podían requerir una demanda mayor que la representada por espectros regionales ordinarios.

El Uniform Building Code de 1997 incorporó factores de cercanía a falla Na y Nv. Los factores dependían del tipo de fuente y de la distancia, y podían aumentar de forma importante la demanda, especialmente la asociada a velocidad y periodos intermedios. La California Geological Survey produjo mapas de "near-source zones" para apoyar la aplicación del código. Históricamente, este fue un paso decisivo: la cercanía dejó de ser una observación cualitativa y se convirtió en un requisito de diseño.

Pero el UBC 1997 no debe copiarse literalmente en 2026. Aquellos factores fueron una solución de transición, útil para una generación normativa que disponía de modelos de amenaza menos sofisticados. Hoy pueden modelarse geometrías de falla finita, desagregar la amenaza y seleccionar historias con directividad. La enseñanza para Venezuela es el principio, no la fórmula: si una fuente cercana cambia sistemáticamente la demanda, el código debe disponer de un mecanismo explícito para capturarla.

10.2. Kobe 1995: directividad y estructura tridimensional de la cuenca

El terremoto de Hyogo-ken Nanbu, Kobe, de 1995 mostró la capacidad destructiva de movimientos cercanos a una falla en un entorno urbano y de cuenca compleja. Pitarka et al. (1998) reprodujeron mediante simulación tridimensional características del movimiento cercano a falla y mostraron la importancia de la geometría de la fuente y de la estructura geológica. Kobe es especialmente pertinente para La Guaira porque recuerda que el daño no se explica únicamente por el pulso de la fuente: los bordes de cuenca y los contrastes geológicos pueden concentrar o modificar el movimiento. En el caso que nos concierne, la respuesta dinámica de zonas aluviales con sedimentos de grandes profundidades deben incorporar en sus estudios la desembocadura del cono aluvial al mar.

10.3. Chi-Chi 1999 y la respuesta normativa de Taiwán

El terremoto de Chi-Chi de 1999 generó una extensa ruptura superficial y registros de campo cercano excepcionales. El Building Research Institute del Ministerio del Interior de Taiwán desarrolló estudios posteriores para modificar la

reglamentación sísmica, incluyendo efectos cercanos a falla, peligro uniforme y espectros de respuesta. Documentos de investigación del instituto describen la incorporación de factores y espectros vinculados a la proximidad de fuentes, así como la revisión de fuerzas sísmicas a partir de datos obtenidos después del terremoto.

La lección de Taiwán tiene dos componentes. Primero, un gran terremoto debe transformarse rápidamente en base de datos nacional: registros, daño, desplazamiento de falla, desempeño de estructuras y respuesta de suelo. Segundo, la revisión normativa debe apoyarse en ese banco de evidencia, no en impresiones. Venezuela enfrenta hoy una dificultad mayor porque carece de suficientes registros locales del movimiento fuerte. Esto hace todavía más urgente recuperar la red acelerográfica antes del próximo sismo grande.

10.4. Nueva Zelanda: de un factor prescriptivo a una amenaza que ya incorpora directividad

NZS 1170.5:2004 incorporó un factor de cercanía N(T,D) para sitios próximos a fallas mayores. El enfoque reconocía de forma explícita que el efecto dependía del periodo y de la distancia. Sin embargo, la evolución reciente ofrece una lección más sofisticada. Bradley y Weatherill (2025) explican que el modelo nacional de amenaza sísmica de Nueva Zelanda de 2022 ya considera implícitamente directividad en la amenaza base y advierten que añadir un factor independiente puede producir doble conteo. Sus análisis sugieren que una modelación explícita adicional de directividad puede producir incrementos del orden de 10% en promedio ponderado en ubicaciones propensas, con valores mayores en ciertos periodos y niveles de retorno.

Para Venezuela, esto sugiere una estrategia de dos niveles. En una fase inmediata, puede ser necesario un criterio conservador sencillo que obligue a estudios específicos cerca de fallas capaces. A mediano plazo, el objetivo debe ser integrar la directividad directamente en el modelo nacional de amenaza, modelos de movimiento apropiados y geometría de fuentes finitas. Una vez hecho eso, el código no debería añadir un multiplicador redundante.

10.5. Kahramanmaraş, Turquía 2023: un caso contemporáneo de doblete, ruptura extensa y pulsos de campo cercano

Los terremotos de Kahramanmaraş del 6 de febrero de 2023 constituyen uno de los ejemplos recientes más relevantes para comprender cómo una ruptura continental extensa puede producir demandas extraordinarias en campo cercano. La secuencia incluyó dos terremotos mayores, Mw 7,8 y Mw 7,5, asociados al sistema de falla de Anatolia Oriental. La ruptura del primer evento alcanzó aproximadamente 300 km de longitud y activó varios segmentos de falla, generando un movimiento del terreno fuertemente condicionado por la geometría de la fuente y la directividad de ruptura. Estudios posteriores mostraron que los pulsos de velocidad observados en la zona cercana a la falla no fueron una consecuencia únicamente de la magnitud, sino de la combinación entre dirección de propagación, velocidad de ruptura, distribución del deslizamiento y condiciones locales del terreno.

Este caso resulta especialmente pertinente para Venezuela porque confirma varias de las preocupaciones planteadas para La Guaira: un terremoto grande no puede representarse mediante un único epicentro; la distancia relevante para el diseño es la relación entre la estructura y la superficie de ruptura; y los pulsos de velocidad de larga duración pueden incrementar significativamente las demandas en estructuras con periodos compatibles. En Kahramanmaraş se identificaron movimientos *pulse-like* con amplitudes importantes y periodos largos, capaces de modificar sustancialmente los espectros de respuesta en la proximidad de la falla.

El desempeño observado en Turquía también mostró que la evaluación de vulnerabilidad debe separar dos problemas que a menudo se mezclan: la calidad del sistema estructural y la severidad excepcional de la demanda sísmica. Investigaciones sobre edificios de concreto reforzado indicaron que algunos colapsos estuvieron asociados a combinaciones de deficiencias estructurales, detalles constructivos y demandas de desplazamiento elevadas producidas por movimientos cercanos a la falla. La lección normativa no es simplemente aumentar fuerzas de diseño, sino mejorar la representación de la amenaza mediante modelos de fuente finita, registros compatibles con directividad y criterios de desempeño.

Para la revisión de la normativa venezolana, Kahramanmaraş refuerza una conclusión central: las zonas urbanas próximas a fallas activas requieren procedimientos que integren amenaza, fuente, suelo y estructura. Al igual que en el caso venezolano de 2026, la pregunta fundamental no debe ser únicamente cuál fue la magnitud del terremoto, sino qué características del movimiento llegaron al sitio: orientación del pulso, periodo dominante, desplazamientos permanentes, duración efectiva y compatibilidad con las estructuras existentes.

Tabla 4. Casos comparables y lecciones normativas. Referencias principales: USGS sobre Northridge; Pitarka et al. (1998); investigaciones del Architecture and Building Research Institute de Taiwán; Bradley y Weatherill (2025); Seed et al. (1972),

Caso / jurisdicción	Observación principal	Respuesta normativa o técnica	Lección para Venezuela
Northridge 1994, EE. UU.	Movimientos fuertes urbanos y directividad.	UBC 1997 introduce Na y Nv y mapas de zonas cercanas a falla.	Crear un disparador explícito para análisis de fuente cercana.
Kobe 1995, Japón	Campo cercano más efectos tridimensionales de cuenca.	Impulso a investigación, diseño de desempeño y estudios de fuente/sitio.	No separar fuente de estructura geológica local.
Chi-Chi 1999, Taiwán	Ruptura superficial extensa y registros excepcionales.	Revisión de fuerzas/espectros y estudios específicos de *near-fault*.	Convertir el terremoto en base de datos normativa.
Nueva Zelanda, evolución 2004-2025	Factor N(T,D), luego amenaza moderna con directividad implícita.	Discusión de evitar doble conteo.	Incorporar los efectos de directividad dentro del Análisis Probabilístico de la Amenaza Sísmica (PSHA), considerando su incertidumbre, antes de recurrir a factores de amplificación adicionales.
Caracas 1967, Venezuela	Daño fuertemente condicionado por suelo y periodo estructural.	Impulso a estudios geotécnicos y microzonificación.	La Guaira 2026 debe analizar fuente cercana y respuesta de sitio simultáneamente.

10.6 Valdivia 1960, un caso extraordinario.

El terremoto de Valdivia del 22 de mayo de 1960, de magnitud Mw 9,5, constituye un ejemplo particularmente ilustrativo de la necesidad de distinguir entre distancia epicentral y distancia efectiva a la fuente sísmica. Aunque muchas de las localidades severamente afectadas no se encontraban próximas al epicentro instrumental, la ruptura asociada al evento se extendió a lo largo de aproximadamente 1.000 km del margen chileno y produjo deformaciones tectónicas en una franja de más de 200 km de ancho, con levantamientos, subsidencias y grandes desplazamientos cosísmicos. En consecuencia, numerosas poblaciones del sur de Chile se localizaron muy próximas a la superficie de ruptura o a su proyección, por lo que estuvieron sometidas a condiciones propias del campo cercano de una fuente sísmica de dimensiones extraordinarias. Este caso demuestra que, especialmente en terremotos de gran magnitud, la evaluación de los efectos de campo cercano no debe basarse exclusivamente en la distancia al epicentro, sino en parámetros como la distancia mínima a la superficie de ruptura, y en la geometría y extensión de la fuente. Esta consideración resulta particularmente relevante para el análisis de terremotos someros próximos a zonas urbanizadas, donde una distancia fuente-sitio reducida puede controlar de manera decisiva las características del movimiento sísmico y sus efectos sobre las estructuras (Plafker y Savage, 1970; USGS, 2026)

11. Propuesta de agenda para revisar la normativa sísmica venezolana

La revisión posterior a 2026 debería evitar dos extremos. El primero es concluir que toda la norma falló porque hubo colapsos. El desempeño real depende también de cumplimiento, diseño, construcción, mantenimiento, modificaciones y vulnerabilidad de edificaciones antiguas. El segundo extremo es asumir que, por existir disposiciones sobre cercanía de fallas, no hace falta aprender nada nuevo. Un terremoto que revela una fuente urbana cercana, pulsos plausibles y una gran carencia instrumental justifica revisar tanto el articulado como los mecanismos de implementación.

11.1. Definir un criterio claro para activar estudios de fuente cercana

La norma debería establecer con claridad cuándo el procedimiento general deja de ser suficiente. El criterio no debería basarse solo en distancia al epicentro. Una combinación de magnitud potencial, tasa de deslizamiento o clasificación de falla capaz y distancia a la ruptura ofrece una base más física. Para fallas bien cartografiadas se pueden usar la distancia mínima a la ruptura (Rrup) o la distancia a la proyección superficial; para geometrías inciertas debe incorporarse una banda de incertidumbre. El objetivo no es declarar insegura toda construcción próxima a una falla, sino obligar a que la demanda sea evaluada con el modelo adecuado.

11.2. Requerir fuente finita, desagregación y directividad en proyectos importantes

Hospitales, centros de emergencia, aeropuertos, puertos, puentes estratégicos, centrales de datos, instalaciones de agua y energía y edificios de ocupación crítica situados cerca de fallas capaces deberían utilizar análisis probabilísticos específicos y escenarios de fuente finita. La desagregación permite conocer qué magnitudes, distancias y mecanismos dominan la amenaza en cada periodo. Si la directividad es relevante, debe

incorporarse mediante modelos compatibles con el estado del arte, con incertidumbre explícita y sin doble conteo.

11.3. Selección y orientación de registros

Para análisis no lineales, la selección de acelerogramas debe representar las características de la amenaza sísmica del sitio y no limitarse a lograr compatibilidad con un espectro objetivo. En zonas próximas a fallas, donde pueden producirse movimientos con pulsos de velocidad, no resulta suficiente escalar registros de campo lejano hasta hacerlos coincidir con el espectro de diseño. La selección debería reflejar, la probabilidad de ocurrencia de movimientos tipo pulso *(pulse-like)* y sus características de período, amplitud y orientación. Asimismo, cuando la direccionalidad sea relevante, debe preservarse la relación física entre las dos componentes horizontales y su orientación respecto de la fuente. Poulos y Miranda (2022) mostraron que las ordenadas espectrales pueden variar significativamente con la orientación horizontal, y Poulos y Miranda (2023) demostraron que, en terremotos transcurrentes, esa dependencia puede ser sistemática y conducir a demandas diferentes según la dirección considerada. Estos resultados refuerzan la conveniencia de que la selección y procesamiento de registros conserven la información direccional cuando se pretenda representar efectos de campo cercano. Baker (2007), Shahi y Baker (2014), Spudich et al. (2014) y Poulos y Miranda (2022, 2023).

11.4. Microzonificación vinculante en La Guaira

La microzonificación no debe ser un documento de consulta voluntaria. La reconstrucción de La Guaira ofrece la oportunidad de convertir los estudios geofísicos y geotécnicos en mapas reglamentarios de periodos, clases de sitio, susceptibilidad a licuación, deformación permanente, inestabilidad de laderas y cercanía a fallas. Los parámetros deben vincularse al catastro y a los permisos, de modo que un proyectista pueda consultar digitalmente la parcela y conocer las exigencias mínimas de investigación geotécnica y análisis sísmico.

11.5. Incorporar desempeño y recuperación funcional

La norma tradicional se concentra en seguridad de vida y prevención de colapso. Las pérdidas de 2026 muestran que infraestructura crítica puede quedar fuera de servicio incluso sin colapso total; este criterio forma parte de la filosofía de diseño estructural sismorresistente incluida generalmente en las normas Para hospitales, escuelas que sirven como refugios, centros de telecomunicaciones, puertos y sistemas de transporte debe considerarse un objetivo adicional de recuperación funcional. Esto implica controlar daño no estructural, anclajes de equipos, juntas, redes internas y capacidad de operación después del sismo, lo cual puede representar incluir dispositivos y diseños estructurales con consideraciones especiales, así como un incremento del periodo de retorno de la amenaza, más allá de los 475 años.

11.6. Instrumentación como política de seguridad pública

Ninguna reforma normativa será suficiente si el país no puede medir el próximo terremoto. Venezuela necesita reconstruir una red nacional de acelerógrafos con redundancia, telemetría y publicación abierta de datos. La Guaira y Caracas deben tener estaciones en roca y en distintas unidades sedimentarias, además de instrumentos en edificios y puentes representativos. Otras zonas críticas del país, como los Andes y el Oriente, requieren seguimiento preciso de la actividad sísmica. Desafortunadamente, en las últimas dos décadas se fue perdiendo progresivamente la red sismológica de tecnología avanzada y amplia cobertura, que logró desarrollarse en 2000-2001. Un registro acelerográfico no es un lujo académico: permite calibrar mapas de sacudida, espectros, modelos de sitio, decisiones de reapertura y futuras normas.

11.7. Protocolo de actualización rápida después de grandes sismos

El episodio USGS muestra la necesidad de un protocolo que distinga datos preliminares y revisados. El organismo nacional competente (FUNVISIS), debe generar información oficial de cada terremoto, que debe asociarse a un identificador único y permanente, conservar el historial de las distintas soluciones publicadas e integrar progresivamente información sismológica nacional e internacional con observaciones geodésicas obtenidas mediante GNSS (Global Navigation Satellite System) e InSAR (*Interferometric Synthetic Aperture Radar*), además de observaciones de campo, y emitir notas técnicas cuando un cambio modifique la interpretación de amenaza. Las decisiones de emergencia necesitan rapidez, pero la reconstrucción necesita trazabilidad.

Tabla 5. Agenda sugerida de investigación y normativa. Las medidas se plantean como temas para discusión técnica, no como articulado definitivo.

Prioridad	Medida propuesta	Producto esperado
1	Restablecer red acelerográfica y estaciones de referencia en roca/suelo.	Registros públicos, mapas de distribución espacial del movimiento sísmico (ShakeMaps) nacionales y base de movimientos fuertes.
2	Actualizar mapa de fallas activas y geometrías de fuente.	Base nacional GIS con incertidumbre y parámetros de actividad.
3	Microzonificación vinculante de La Guaira y actualización de Caracas.	Ordenanzas y parámetros por parcela.
4	Definir disparador normativo de estudio *near-fault*.	Criterio basado en fuente capaz, magnitud y distancia a ruptura.
5	Incorporar directividad al Análisis Probabilístico de la Amenaza Sísmica PSHA y selección de registros.	Amenaza y análisis dinámico sin doble conteo.
6	Requisitos de recuperación funcional para infraestructura crítica.	Objetivos de desempeño y continuidad operacional.
7	Programa de investigación del doblete 2026.	Reconstrucción de movimientos, pares secuenciales y estudios forenses.

12. Investigación necesaria para reconstruir el movimiento de 2026

La ausencia de acelerogramas locales obliga a plantear un programa específico para reconstruir la demanda. Ese programa debería tener varias capas independientes que puedan contrastarse entre sí. La primera es sismológica: formas de onda regionales, mecanismos de momento, fases revisadas y modelos de falla finita. La segunda es geodésica: InSAR de NISAR, Sentinel-1 y otras plataformas, GNSS disponible y offsets superficiales. La tercera es geotécnica: perfiles Vs, geometría de cuencas, nivel freático y propiedades no lineales. La cuarta es observacional: videos con reloj o frecuencia de cuadros verificable, cámaras de seguridad, oscilaciones de objetos y grabaciones que permitan estimar periodo, desplazamiento o duración.

El uso de video requiere un protocolo forense. No todo video sirve como acelerograma sustituto. Debe conocerse la frecuencia de cuadros real, la estabilidad de la cámara, la geometría de perspectiva y un objeto de escala. Cuando una cámara fija registra el movimiento relativo de un edificio, poste, luminaria o nivel de agua, técnicas de visión computacional pueden recuperar series de desplazamiento. Esas series deben filtrarse y validarse contra registros regionales o modelos físicos. El resultado debe publicarse con bandas de incertidumbre, no como una "medición" equivalente a un acelerógrafo.

También es necesario reconstruir pares de señales para el doblete. La superposición temporal hace que el segundo movimiento se inicie mientras todavía existe respuesta del primero. Una base de datos para análisis estructural debería conservar el tiempo continuo, no separar artificialmente los dos eventos si eso elimina la condición inicial real. Las señales sintéticas de Bernal y Cardona (2026) constituyen un punto de partida importante, pero deberían compararse con múltiples modelos de ruptura, datos NISAR y cualquier observación instrumental regional que esté disponible.

Finalmente, el programa debe vincular movimiento y daño. Un inventario de exposición para La Guaira debe identificar ubicación, año, altura, sistema resistente, material, uso, irregularidades, cimentación, intervenciones y nivel de daño de cada edificación. Sin denominador de exposición, contar colapsos no permite calcular vulnerabilidad (Lafuente, M. 2026). El objetivo final es producir curvas de fragilidad y mapas de riesgo que relacionen demanda espacialmente variable con tipologías reales. Ese modelo de exposición sería útil no solo para terremotos, sino para planificación de emergencias y priorización de reforzamiento.

13. Discusión: cómo debería cambiar una norma después de un terremoto excepcional

Las normas sísmicas no cambian porque un terremoto "supere" una línea de un mapa en un lugar concreto. Cambian cuando el evento revela que un modelo, supuesto o mecanismo importante no estaba representado de forma adecuada, o cuando demuestra que una disposición correcta no se está implementando. Esta distinción es fundamental para 2026. Parte del desastre puede corresponder a vulnerabilidad preexistente, construcción deficiente o deterioro; otra parte puede corresponder a demanda excepcional de campo cercano y sitio. La tarea técnica es separar ambos componentes mediante evidencia.

En consecuencia, la revisión debería comenzar con preguntas, no con factores. ¿Qué distancia a la ruptura experimentaron realmente Catia La Mar, Maiquetía, La Guaira y Caraballeda? ¿Qué periodos de pulso predicen modelos independientes? ¿Qué parte de la amplificación proviene de directividad y qué parte de los conos aluviales? ¿Qué edificios modernos correctamente diseñados y construidos excedieron niveles esperados de daño? ¿Qué estructuras antiguas tuvieron un desempeño sorprendentemente bueno y por qué? ¿Qué sistemas no estructurales controlaron la pérdida de funcionalidad? Cada respuesta puede conducir a un cambio distinto: mapa, espectro, detallado, inspección, microzonificación o política de reforzamiento.

El caso neozelandés aconseja precaución con los multiplicadores. Un factor de campo cercano puede ser transparente y fácil de aplicar, pero puede distorsionar la amenaza si se usa fuera del rango de periodos donde ocurre el pulso, o si la directividad ya está incorporada en el Análisis Probabilístico de la Amenaza Sísmica (APAS, o *Probabilistic Seismic Hazard Analysis – PSHA*). Los modelos NGA-West2 muestran que la amplificación por directividad es espacial y frecuencialmente localizada, no un aumento uniforme para todas las estructuras. Por ello, una posible solución transitoria para Venezuela sería usar el factor prescriptivo solo como disparador o piso conservador mientras se desarrolla un modelo nacional más avanzado, no como sustituto permanente del análisis físico.

También debe revisarse el concepto de distancia en los formularios de diseño. El epicentro es útil para comunicación pública, pero una norma orientada a fallas activas debe trabajar con distancias a la fuente. La relocalización del Mw 7,5 en 2026 es una demostración pedagógica contundente: la aparente distancia de La Guaira al "epicentro" cambió más de cien kilómetros al cambiar la solución preferida, mientras la ruptura real ya había ocurrido donde ocurrió. Una normativa robusta debe depender lo menos posible de una representación puntual que no describe bien terremotos grandes.

Hay que destacar la necesidad de completar los estudios de microzonificación en La Guaira, los cuales deben ser realizados antes de proceder a construir en zonas severamente afectadas por el sismo (Genatios, C. 2026, Schmitz, M. 2026).

14. Conclusiones

1. Los terremotos del 24 de junio de 2026 deben interpretarse como una secuencia compleja y no como dos puntos cercanos en un mapa. El Mw 7,2 y el Mw 7,5 ocurrieron con una separación del orden de medio minuto. Esa proximidad temporal abre un problema de carga secuencial que merece investigación específica, especialmente para estructuras críticas y sistemas con degradación cíclica.

2. La evolución de la localización del Mw 7,5 es una de las lecciones centrales. Las primeras soluciones del USGS lo situaron cerca de Yumare; la solución revisada lo ubica aproximadamente 17 km al oeste de Catia La Mar. El cambio del punto preferido es del orden de 140 km. No debe interpretarse como una razón para desconfiar de toda información rápida, sino como evidencia de que las soluciones tempranas de grandes terremotos deben versionarse y revisarse con datos adicionales.

3. Los datos NISAR publicados por NASA mostraron deformación intensa cerca de Caracas y La Guaira y fueron utilizados por el USGS para mejorar el modelo de falla finita. La ingeniería debe trabajar con geometría de ruptura, no solo con epicentro. Para estructuras cercanas a fallas, distancia a la ruptura, posición respecto de la ruptura, dirección de propagación y distribución de deslizamiento son variables esenciales.

4. La poca profundidad aumentó la posibilidad de proximidad entre fuente y zonas urbanas, pero no demuestra por sí sola la existencia de pulsos. La directividad requiere una combinación geométrica y cinemática específica. Los pulsos deben identificarse o modelarse mediante procedimientos reproducibles y distinguirse de otros efectos de campo cercano, como el desplazamiento tectónico permanente (*fling-step)* y la componente vertical.

5. La Guaira combina una fuente potencialmente muy cercana con depósitos aluviales profundos y periodos predominantes del suelo del orden de 0,9 a 1,8 s reportados antes de 2026. Por ello, la explicación del daño debe integrar fuente, cuenca sedimentaria, licuación, cimentación y estructura. El antecedente de Caracas 1967 confirma que esta interacción suelo-edificio es una característica histórica de la región.

6. La COVENIN 1756-1:2019 contiene elementos para tratar cercanía de fuentes, cercanía de fallas, estudios especiales y microzonificación. La revisión posterior a 2026 no debe partir de la premisa de que esos temas están ausentes. La pregunta correcta es si los criterios de activación, la modelación de fuente finita, la directividad, la selección de registros y la implementación territorial son suficientemente explícitos y exigibles.

7. La experiencia internacional muestra una evolución. UBC 1997 utilizó factores prescriptivos de cercanía después de Northridge y Kobe; Taiwán revisó fuerzas y espectros después de Chi-Chi; Nueva Zelanda discute hoy cómo evitar doble conteo cuando la directividad ya está incorporada en el modelo probabilístico. Venezuela debería seguir esa trayectoria hacia métodos específicos de sitio y amenaza, no limitarse a copiar un multiplicador extranjero.

8. La prioridad institucional más urgente es recuperar la instrumentación. Sin acelerógrafos locales, el país pierde la posibilidad de conocer con precisión qué demanda produjo un terremoto que cambiará la ingeniería venezolana durante décadas. La red debe complementarse con GNSS, InSAR, instrumentación estructural y protocolos de datos abiertos.

9. Debe ejecutarse una investigación independiente para reconstruir el movimiento de 2026 mediante modelos de ruptura, registros regionales, datos NISAR y otros satélites, geotecnia y videos técnicamente utilizables. Los resultados deben incorporar incertidumbre y generar pares continuos de señales para estudiar el doblete.

10. La reforma normativa debe acompañarse de un modelo completo de exposición de La Guaira. Conocer cuántos edificios de cada tipología existían, dónde estaban, qué normas los regían y qué daño sufrieron es indispensable para derivar vulnerabilidades y mapas de riesgo. Sin ese denominador, el desastre produce relatos y cifras, pero no conocimiento

cuantitativo suficiente para diseñar una reconstrucción más segura.

El objetivo de una norma sísmica no es predecir cada detalle del próximo terremoto. Es impedir que la incertidumbre conocida se transforme en una vulnerabilidad ignorada. El 24 de junio de 2026 mostró simultáneamente las limitaciones de una descripción puntual de la fuente, la importancia del campo cercano, el peso de las condiciones locales del terreno y el costo de carecer de registros instrumentales. Convertir esas lecciones en mapas, datos abiertos, criterios de diseño y decisiones urbanas será la verdadera medida de cuánto aprendió Venezuela de esta catástrofe.

Referencias

Ambrosio, R, (2002). Modelaje gravimétrico del basamento de los conos aluviales de La Guaira, Macuto y Caraballeda. Estado Vargas. Geos, UCV, Caracas, 35: 57-58 + 105 p. en CD (carpeta 4.8). Trabajo Especial de Grado, tutores: R. Meza, I. Rodríguez y N. Orihuela.

Audemard, F. A., Machette, M. N., Cox, J. W., Dart, R. L., & Haller, K. M. (2000). Map and database of Quaternary faults in Venezuela and its offshore regions. U.S. Geological Survey Open-File Report 2000-18, 78 p. https://doi.org/10.3133/ofr0018

Audemard M., F. A., Singer P., A., & Soulas, J.-P. (2006). Quaternary faults and stress regime of Venezuela. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 61(4), 480-491.

Baker, J. W. (2007). Quantitative classification of near-fault ground motions using wavelet analysis. Bulletin of the Seismological Society of America, 97(5), 1486-1501. https://doi.org/10.1785/0120060255

Beltrán, C.(1993). Mapa neotectónico de Venezuela. Caracas: Edic. FUNVISIS, Escala 1:2.000.000

Bernal, G., & Cardona, O.-D. (2026). Una excepcional demanda sísmica y sus implicaciones para el diseño sismorresistente: Modelación del movimiento fuerte derivado del segundo sismo del 24 de junio de 2026 en Venezuela. INGENIAR Risk Intelligence. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.30181.56804

Bradley, B. A., & Weatherill, G. (2025). Consideration of near-fault effects in New Zealand seismic hazard analysis and design spectra. Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering, 58(2), 108-117. https://doi.org/10.5459/bnzsee.1743

Bray, J. D., & Rodriguez-Marek, A. (2004). Characterization of forward-directivity ground motions in the near-fault region. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 24(11), 815-828. https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2004.05.001

Building Seismic Safety Council. (2020). 2020 NEHRP Recommended Seismic Provisions for New Buildings and Other Structures. FEMA P-2082-1, Volume I. Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.

California Geological Survey. (1998). Maps of Known Active Fault Near-Source Zones in California and Adjacent Portions of Nevada. Seismic Hazard Mapping Bulletin No. 7. California Department of Conservation.

Colón, S., Audemard, F. A., Beck, C., Avila, J., Padrón, C., De Batist, M., Paolini, M., Leal, A. F., & Van Welden, A. (2015). The 1900 Mw 7.6 earthquake offshore north-central Venezuela: Is La Tortuga or San Sebastián the source fault? Marine and Petroleum Geology, 67, 498-511. https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2015.06.005

Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). (2001). COVENIN 1756-1:2001. Edificaciones sismorresistentes. Parte 1: Articulado. FONDONORMA, Caracas.

Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). (2019). COVENIN 1756-1:2019. Construcciones sismorresistentes. Parte 1: Requisitos (2da revisión). Norma venezolana de referencia para diseño sismorresistente. Caracas. Aprobada por el organismo normativo competente en 2020.

Čejka, F., Zahradník, J., Turhan, F., Sokos, E., et al. (2023). Long-period directivity pulses of strong ground motion during the 2023 Mw7.8 Kahramanmaraş earthquake. Communications Earth & Environment, 4, 413. https://doi.org/10.1038/s43247-023-01076-x

Earthquake Engineering Research Institute (EERI). (2026). EERI Learning from Earthquakes VERT Report: Phase 1 Response to the M7.2 & M7.5 Yumare, Venezuela Earthquakes, June 24, 2026. 30 June 2026. https://learningfromearthquakes.org/resources/vert-report-phase-1-response-to-the-m7-2-m7-5-yumare-venezuela-earthquakes-june-24-2026/

Genatios, C. (2026). Vargas, La Guaira: de los deslaves a los terremotos. Boletín Especial de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat, septiembre de 2026.

GFZ Helmholtz Centre for Geosciences. (2026). Severe Earthquake in Venezuela | GFZ Information | Status Report. 26 June 2026, Potsdam, Germany

GFZ German Research Centre for Geosciences. (2026). GEOFON Earthquake Explorer: Seismic event map for northern Venezuela (M7.3 and M7.4 events, June 25, 2026). Potsdam, Germany. Retrieved from gfz-potsdam.de

International Conference of Building Officials. (1997). Uniform Building Code, Volume 2, Structural Engineering Design Provisions. Whittier, California.

Kamai, R., Abrahamson, N. A., & Graves, R. W. (2014). Adding fling effects to processed ground-motion time histories. Bulletin of the Seismological Society of America, 104(4). https://doi.org/10.1785/0120130272

Lafuente, M. (2026) El sismo del 24 de junio de 2026 en Venezuela: análisis preliminar de daños en Caracas y La Guaira, y lecciones para la gestión del riesgo.Boletín Especial de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat, septiembre de 2026

Mavroeidis, G. P., & Papageorgiou, A. S. (2003). A mathematical representation of near-fault ground motions. Bulletin of the Seismological Society of America, 93(3), 1099-1131. https://doi.org/10.1785/0120020100

Mavroeidis, G. P., Dong, G., & Papageorgiou, A. S. (2004). Near-fault ground motions, and the response of elastic and inelastic single-degree-of-freedom systems. Earthquake Engineering & Structural Dynamics, 33(9), 1023-1049. https://doi.org/10.1002/eqe.391

Méndez Galindo, C., Tapia Hernández, E., Botero Jaramillo, E., Guerrero Bobadilla, H., Pérez Liévana, K., Osorio Flores, L., Pinto Carvalho, L., Baena Rivera, M. E., & Serrano Vega, S. (2026). Reporte de Daños: Sismos de Venezuela del 24 de junio de 2026. Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica, Comité Aprendiendo de los Sismos. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.21678.27201

NASA Earth Observatory. (2026). Where Venezuela's Earthquakes Shifted the Ground. 10 July 2026. https://science.nasa.gov/earth/earth-observatory/where-venezuelas-earthquakes-shifted-the-ground/

New Zealand Standards. (2004). NZS 1170.5:2004 Structural Design Actions, Part 5: Earthquake Actions - New Zealand. Standards New Zealand, Wellington.

Pitarka, A., Irikura, K., Iwata, T., & Sekiguchi, H. (1998). Three-dimensional simulation of the near-fault ground motion for the 1995 Hyogo-ken Nanbu (Kobe), Japan, earthquake. Bulletin of the Seismological Society of America, 88(2), 428-440. https://doi.org/10.1785/BSSA0880020428

Plafker, G., & Savage, J. C. (1970). Mechanism of the Chilean earthquakes of May 21 and 22, 1960. Geological Society of America Bulletin, 81(4), 1001-1030. https://doi.org/10.1130/0016-7606(1970)81[1001:MOTCEO]2.0.CO;2.

Poulos, A., & Miranda, E. (2022). Probabilistic characterization of the directionality of horizontal earthquake response spectra. Earthquake Engineering & Structural Dynamics, 51(9), 2077-2090. https://doi.org/10.1002/eqe.3654.

Poulos, A., & Miranda, E. (2023). Modification of ground-motion models to estimate orientation-dependent horizontal response spectra in strike-slip earthquakes. Bulletin of the Seismological Society of America, 113(6), 2718-2729. https://doi.org/10.1785/0120230084

Red Sísmica de Puerto Rico. (2026). Información General del Evento, 24 de junio de 2026, M 7.5 Mww, cerca de la costa de Venezuela, latitud 10.622, longitud -67.194, profundidad 10 km. Universidad de Puerto Rico en Mayagüez. https://redsismica.uprm.edu/spanish/informe_sismo/myInfoGeneral.php?id=20260624220435

Romero, M., Cragno, A., Schmitz, M., & Ambrosio, R. (2006). Caracterización de suelos con métodos geofísicos en La Guaira, Macuto, Caraballeda y Tanaguarena, estado Vargas, Venezuela. Boletín Técnico, 44(1), 16-29. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0376-723X2006000100002

Schmitz, M. (2026). Aportes de la Microzonificación Sísmica para la Mitigación del Riesgo Sísmico en Venezuela. Avances y Desafíos: Trabajo de Incorporación Académica (TIA) ante la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat (ANIH),Boletín de la ANIH, N.º 71.

Seed, H. B., Whitman, R. V., Dezfulian, H., Dobry, R., & Idriss, I. M. (1972). Soil conditions and building damage in 1967 Caracas earthquake. Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, 98(8), 787-806. https://doi.org/10.1061/JSFEAQ.0001768

Shahi, S. K., & Baker, J. W. (2014). NGA-West2 models for ground-motion directionality. Earthquake Spectra, 30(3), 1285-1300. https://doi.org/10.1193/040913EQS097M

Somerville, P. G., Smith, N. F., Graves, R. W., & Abrahamson, N. A. (1997). Modification of empirical strong ground motion attenuation relations to include the amplitude and duration effects of rupture directivity. Seismological Research Letters, 68(1), 199-222. https://doi.org/10.1785/gssrl.68.1.199

Spudich, P. A., Rowshandel, B., Shahi, S. K., Baker, J. W., & Chiou, B. S.-J. (2014). Comparison of NGA-West2 directivity models. Earthquake Spectra, 30(3), 1199-1221. https://doi.org/10.1193/080313EQS222M

Taiwan Architecture and Building Research Institute, Ministry of the Interior. (2000-2002). Research reports on modification of Taiwan building seismic design provisions considering near-fault effects and uniform hazard response. Taipei.

U.S. Geological Survey (USGS). (1996). USGS Response to an Urban Earthquake: Northridge '94. U.S. Geological Survey Open-File Report 96-263.

U.S. Geological Survey (USGS). (2026a). M 7.2 - 20 km E of San Felipe, Venezuela, event us6000t7zc. Earthquake Hazards Program. https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us6000t7zc/executive

U.S. Geological Survey (USGS). (2026b). M 7.5 - 17 km W of Catia La Mar, Venezuela, event us6000t7zp. Earthquake Hazards Program. https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us6000t7zp/executive

Urbani Patat, F. (2026). Los terremotos del 24 de junio de 2026 en Venezuela: Recopilación de mapas e información geocientífica. V.2. Boletín de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat, (71), S4. https://n2t.net/ark:/42414/banih/712026/142

Yen, M.-H., Türker, E., Ulrich, T., Marchandon, M., Gabriel, A.-A., & Cotton, F. (2025). An analysis of directivity pulses using empirical data and dynamic rupture simulations of the 2023 Kahramanmaraş earthquake doublet. Earthquake Spectra, 41(2). https://doi.org/10.1177/87552930241305012