Geotechnical Extreme Events Reconnaissance
Turning Disaster into Knowledge

Boletín de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat. ISSN 1317-6781
Caracas, Nº 72. Edición especial, octubre 2026
https://n2t.net/ark:/42414/banih/722026/194

Terremotos del 24 de junio de 2026 de San Felipe y Catia La Mar, Venezuela
Informe de reconocimiento sísmico de GEER

Líderes del equipo

Ashly Cabas, North Carolina State University
Rodolfo B. Sancio, Geosyntec Consultants, Inc.

Editores del informe:

Ashly Cabas, North Carolina State University
Juan Perri, Exponent
Rodolfo B. Sancio, Geosyntec Consultants, Inc.

20 de agosto de 2026

Informe de la Asociación GEER 087

Preparado por

Miembros del equipo GEER (en orden alfabético)

Nombre	Afiliación
Ashly Cabas	Profesor asociado en NC State, EE. UU.
Celso Castro-Bolinaga	Profesor asociado en NC State, EE. UU.
Daniel León	Estudiante, UNIMET
David Barba Galdamez	Estudiante de posgrado en NC State, EE. UU.
Eduardo Carrillo	Profesional en Geosyntec Consultants, EE. UU.
Eduardo García	Universidad Central de Venezuela
Eduardo Núñez	Profesor asociado, Univ. Católica de la Santísima Concepción, Chile
Ericka Jiménez	Estudiante de pregrado, UCAB
Ernesto Toro	Estudiante de pregrado, UCAB
Felipe Kuncar	Investigador postdoctoral en la Universidad de Canterbury, Nueva Zelanda.
Francisco Pinto	Profesor asistente, Universidad de Chile



Geotechnical Extreme Events Reconnaissance
Turning Disaster into Knowledge

Nombre	Afiliación
Gonzalo Montalva	Profesor de la Universidad de Concepción, Chile
Gustavo Iribarren	Profesor de la UNIMET; expresidente de la SVDG
Hailey-Rae Rose	Ingeniera senior en Exponent, EE. UU.
Heriberto Echezuria	Profesor de la UCV y la UCAB; actual presidente de la Sociedad Venezolana de Geotecnia
Isabella Sánchez	Estudiante de pregrado, UNIMET
Javier García	RGR Ingeniería, Venezuela
Jenny Ramírez	Ingeniera geotécnica sénior, Geosyntec Consultants, EE. UU.
Jhendiel Anato	Ingeniero, UCV
José Ignacio Amundaray	Consultor, A.I.G. Venezuela
Juan F. Perri	Ingeniero principal en Exponent, EE. UU.
Karol Sánchez	Estudiante asistente de posgrado en NC State, EE. UU.
Ke Xu	Investigador postdoctoral en NC State, EE. UU.
Lorne Arnold	Profesor asistente en la Universidad de Washington Tacoma, EE. UU.
Luis Fargier-Gabaldón	Profesor asociado de la Práctica; Universidad de Notre Dame, EE. UU.
Melanie Dickson	Investigadora asociada en NC State, EE. UU.
Nicole Paul	Investigadora postdoctoral en ETH Zurich, Suiza
Patricia Varela	Geóloga sénior en Geosyntec Consultants, EE. UU.
Ramón Mata-Lemus	Profesor Asistente; Universidad San Sebastián, Chile
Rodolfo Sancio	Vicepresidente de Operaciones, Geosyntec Consultants, Inc., EE. UU.
Shiying Nie	Científica senior especializada en sismología en Karen Clark & Company, EE. UU.
Valentina Páez	Universidad Central de Venezuela
Vicmarly Paredes	Estudiante de pregrado, UCAB
Wagdi Naime	Profesor de la Universidad Central de Venezuela; actual secretario general de la Sociedad Venezolana de Geotecnia
William Zakka	Investigador de posgrado en la Universidad de California, Berkeley, EE. UU.

Geotechnical Extreme Events Reconnaissance
Turning Disaster into Knowledge

RESUMEN EJECUTIVO

El 24 de junio de 2026, dos terremotos afectaron el norte de Venezuela con una diferencia de aproximadamente 30 segundos: uno de magnitud 7.2 cerca de San Felipe, Yaracuy, seguido de otro de magnitud 7.5 frente a la costa de La Guaira, cerca de Catia La Mar. La secuencia se produjo dentro de la amplia zona de límite entre las placas del Caribe y Sudamericana, donde el movimiento dextral se distribuye a través de los sistemas de las fallas Boconó-San Sebastián-El Pilar y sus alrededores. Los terremotos produjeron impactos severos y espacialmente variables en toda la región centro-norte del país, donde los daños más significativos se concentraron en La Guaira, particularmente en Catia La Mar, Caraballeda, Macuto, Maiquetía y las comunidades costeras vecinas, así como impactos localizados pero notables en Caracas, incluyendo San Bernardino y Los Palos Grandes. Los sucesos provocaron numerosas muertes, daños extensos en edificios e infraestructuras, el desplazamiento de residentes, la interrupción de servicios esenciales y pérdidas materiales directas estimadas en decenas de miles de millones de dólares estadounidenses.

La Asociación GEER organizó una operación de reconocimiento híbrido rápido para documentar los efectos geotécnicos, geológicos, sismológicos y relacionados con la infraestructura de estos terremotos. El reconocimiento combinó la recopilación remota de datos, la revisión de imágenes satelitales y aéreas, la georreferenciación a través de redes sociales y medios de comunicación, la colaboración con profesionales y estudiantes locales, visitas de campo, levantamientos con drones, una investigación limitada del subsuelo y la coordinación con organizaciones nacionales e internacionales. El equipo de GEER trabajó en estrecha colaboración con instituciones académicas venezolanas, la Sociedad Venezolana de Geotecnia, ingenieros locales, estudiantes, agencias gubernamentales y organizaciones internacionales para recopilar y preservar datos perecederos antes de que las actividades de limpieza, demolición, lluvias y la respuesta a emergencias alteraran las evidencias de fallas en el terreno. Este informe ofrece un registro coordinado y documentado de las primeras observaciones e identifica las necesidades prioritarias para futuras investigaciones.

La ruptura de magnitud 7.5 se localizó cerca del corredor costero densamente poblado de La Guaira, y la secuencia parece haber implicado una progresión de la ruptura de oeste a este a lo largo de segmentos de fallas de desplazamiento lateral. Esta geometría de la fuente, combinada con el corto intervalo entre los dos grandes eventos, probablemente contribuyó a que se produjeran demandas severas de movimiento en las zonas costeras cercanas a la fuente. Al mismo tiempo, las condiciones geológicas de sitio eran importantes. Los abanicos aluviales costeros, rellenos, los depósitos de las desembocaduras de los ríos y los depósitos de suelo gran espesor en La Guaira proporcionaron condiciones geológicas favorables para la amplificación del movimiento del suelo, la licuación, la expansión lateral, el asentamiento y la deformación diferencial del terreno. En Caracas, los patrones de daños parecen haber estado influenciados por la geometría de la cuenca, el espesor de los sedimentos y la distribución de edificios más altos en áreas con períodos de vibración del suelo (períodos de sitio) más prolongados.

Para el momento de elaboración de este informe, no se disponía de registros públicos de FUNVISIS del movimiento fuerte del terreno, lo que limitó la evaluación directa de los movimientos del terreno y la respuesta local del sitio.

El equipo de GEER documentó evidencia de una posible deformación cosísmica cercana a la superficie y la ruptura del terreno a lo largo de tramos del corredor costero de La Guaira. Los productos del desplazamiento obtenidos mediante satélites, la correlación de imágenes ópticas, las imágenes de drones y las observaciones de campo permitieron identificar fisuras lineales y deformaciones cerca de Maiquetía, la zona del aeropuerto y Caraballeda. Algunos elementos se ubicaron cerca de trazas cartografiadas o inferidas del sistema de fallas de San Sebastián y los sistemas relacionados, mientras que otros patrones de deformación fueron más consistentes con el desprendimiento lateral, el movimiento gravitacional o la alteración de la superficie del suelo inducida por la licuación. Debido a que varios mecanismos pueden producir manifestaciones superficiales similares, distinguir la ruptura tectónica de la deformación secundaria del terreno sigue siendo una prioridad para la investigación de campo a través del levantamiento topográfico, la excavación de zanjas y análisis geodésicos.

La licuación y las fallas del suelo inducidas por la licuación fueron algunos de los efectos geotécnicos más importantes que se observaron. La mayor concentración de evidencia se produjo a lo largo del corredor costero de La Guaira, incluyendo Catia La Mar, Maiquetía, La Guaira, Macuto, Caraballeda y Tanaguarena. Entre las manifestaciones relacionadas con la licuación tenemos los volcanes de arena, la eyección de sedimentos, el agrietamiento del suelo, el asentamiento, la alteración del pavimento, la deformación de muelles y puertos, y el desprendimiento lateral hacia superficies libres como playas, canales fluviales y bordes costeros. Se hicieron observaciones particularmente significativas en las cercanías de Playa Grande, Playa Puerto Viejo, la Marina Deportiva, Marina de Caraballeda, Av. José María España, la zona del centro comercial Doña Bárbara y otros rellenos costeros bajos. La geometría de muchas grietas, que eran casi paralelas a las líneas costeras, los bordes de los puertos y los canales de agua, indica un desprendimiento lateral durante movimientos fuertes del terreno, y las mediciones locales documentan anchos y desplazamientos de las grietas en el orden de unos pocos milímetros a varios cientos de milímetros. Se documentaron o informaron casos adicionales de licuación o rupturas del suelo similares a la licuación cerca del valle del río Yaracuy, Boca de Aroa, Puerto Cabello y otras localidades de la costa central. Debido a que las primeras imágenes y las visitas sobre el terreno se hicieron después de que las actividades de respuesta a emergencias ya habían modificado muchas superficies del suelo, el inventario documentado debe interpretarse como una estimación del límite inferior del desencadenamiento de la licuación y la falla del suelo relacionada.

Los terremotos también provocaron extensos deslizamientos en la Cordillera de la Costa y las cuencas hidrográficas circundantes. El análisis de imágenes remotas y las fotografías de campo documentaron cientos de deslizamientos nuevos o reactivados, incluidos deslizamientos superficiales interrumpidos, áreas de fuente de los flujos de detritos, caída y desprendimiento de rocas, grietas de tensión, deslizamientos que afectaron carreteras y deslizamientos cerca de quebradas. Se observaron deslizamientos a lo largo de las laderas sobre La Guaira, cerca de la antigua carretera a La Guaira, alrededor del Desarrollo Urbano Hugo Chávez, dentro de las cuencas

que drenan hacia Catia La Mar, Maiquetía, Caraballeda, Macuto, Tanaguarena y Naiguatá, y a lo largo de corredores viales como la Carretera El Junquito-Colonia Tovar. Varios deslizamientos de tierra afectaron o pusieron en riesgo carreteras, redujeron el ancho utilizable de las mismas, aportaron sedimentos a los cauces o se produjeron cerca de estructuras existentes de retención de sedimentos. Estas observaciones son especialmente importantes porque los deslizamientos provocados por los terremotos coinciden con el impacto acumulado del desastre del deslave e inundaciones repentinas de Vargas de diciembre de 1999. Muchas cuencas hidrográficas costeras presentan pendientes pronunciadas, depósitos aluviales de gran espesor, presas de control de sedimentos y comunidades ubicadas dentro de zonas de peligro de flujo de detritos ya existentes. Por lo tanto, los terremotos de 2026 pueden haber aumentado la susceptibilidad a corto plazo a los flujos de detritos provocados por lluvias, la removilización de deslizamientos de tierra, el transporte de sedimentos y los peligros compuestos durante tormentas en el futuro.

Los daños a los edificios y a la infraestructura civil fueron extensos en varias comunidades costeras y más localizados en Caracas. Los equipos de campo de GEER y sus colaboradores documentaron los daños sufridos en edificaciones residenciales, comerciales, industriales, sanitarias, de transporte y costeras. En La Guaira se observaron daños o derrumbes importantes en Playa Escondida, Caraballeda, Los Corales, Catia La Mar, Playa Grande y otras urbanizaciones costeras. Entre los daños observados hay fallas en fachadas y muros, derrumbes parciales y completos, fallas en plantas bajas o con poca resistencia estructural, deterioro de la mampostería y elementos no estructurales, desplazamiento de losas, agrietamiento de muros y evidencia de efectos de deformación de los cimientos o del terreno en determinados lugares. En algunos lugares, los edificios adyacentes con una exposición aparentemente similar se comportaron de manera diferente, lo que indica la necesidad de una evaluación detallada de las condiciones geológicas locales del terreno, la configuración estructural, el tipo de cimentación, la antigüedad del edificio, la calidad de la construcción y los posibles efectos de la interacción entre suelo y estructura.

También hubo afectación de frentes costeros, corredores viales, puertos, aeropuertos, muros y redes de servicios esenciales. Se observaron grietas, asentamientos y desprendimiento lateral cerca de puertos, carreteras costeras, puertos y accesos a puentes. Se produjeron grietas en el pavimento en el Aeropuerto Internacional Simón Bolívar o en sus inmediaciones, así como a lo largo de varias calles costeras y urbanas. Se documentaron fallas viales en la calle José María Vargas, la Avenida José María España, el Boulevard Niza y otras zonas de La Guaira y Caraballeda. En Caracas y a lo largo de las rutas viales en la montaña se observaron daños en los muros de contención y deslizamientos localizados. El equipo de GEER también analizó los impactos en servicios esenciales, incluidas las interrupciones informadas en gasolina y gas, electricidad, agua y aguas residuales, telecomunicaciones y transporte. Las observaciones cerca de las instalaciones industriales indicaron daños en algunos edificios y componentes, mientras que algunas infraestructuras de procesos críticos parecían seguir funcionando según observaciones que se hicieron desde la carretera. En las comunidades costeras más afectadas se registraron numerosos casos de interrupción del suministro de agua, saneamiento, electricidad y comunicaciones, lo que agravó las consecuencias humanitarias de los terremotos.

El informe también documenta los hallazgos preliminares relacionados con las presas y las obras de control de sedimentos. La información recopilada de expertos venezolanos en presas, inventarios previos e inspecciones de campo en curso no indicaba daños confirmados provocados por el terremoto en grandes embalses al momento de elaborar este informe. Sin embargo, el equipo de GEER hizo hincapié en la importancia de inspeccionar no solo los componentes estructurales y electromecánicos, sino también los terraplenes, los cimientos, los aliviaderos, las obras anexas y las consecuencias aguas abajo. Las presas de control de sedimentos y las estructuras de retención de escombros en las cuencas costeras de La Guaira son particularmente importantes debido a su papel en la gestión de los peligros de flujo de detritos. Las inspecciones de campo y las observaciones compartidas permitieron identificar problemas como la acumulación de sedimentos, la erosión, el debilitamiento, los daños en el revestimiento de concreto, las condiciones de la captación y la necesidad de un seguimiento y mantenimiento continuos. Dada la elevada exposición de las comunidades y las infraestructuras en las zonas de abanicos costeros, el funcionamiento y el mantenimiento de los sistemas de control de sedimentos deben seguir siendo una prioridad después de los terremotos.

Las repercusiones humanas y económicas fueron sustanciales. Los terremotos provocaron un elevado número de muertes, numerosos heridos, desplazamientos, necesidades de alojamiento, interrupción de servicios esenciales e importantes pérdidas económicas. Los daños fueron especialmente graves en La Guaira, donde las primeras evaluaciones informaron de importantes repercusiones estructurales, interrupciones en los servicios de salud, daños en los servicios públicos y necesidades urgentes de agua, saneamiento y refugio. Las estimaciones rápidas basadas en modelos de organizaciones internacionales y los impactos informados posteriormente indican que los terremotos produjeron importantes daños directos a edificios, infraestructuras y comunidades. El reconocimiento hecho por GEER pone de relieve que los impactos técnicos y las consecuencias humanitarias estaban estrechamente relacionados: las deformaciones del terreno, el derrumbe de edificios, los deslizamientos, los daños a la infraestructura y la interrupción de los servicios se combinaron para crear efectos en cascada que se extendieron más allá de las fallas estructurales a nivel individual.



Geotechnical Extreme Events Reconnaissance
Turning Disaster into Knowledge

AGRADECIMIENTOS

La labor de la Asociación GEER cuenta con el apoyo parcial de la National Science Foundation a través del programa Engineering for Civil Infrastructure Program, bajo la subvención Nro. CMMI1826118. Las opiniones, conclusiones y recomendaciones expresadas en este material pertenecen a los autores y no reflejan necesariamente la postura de la NSF. Los nombres comerciales, de empresas o de productos que se mencionan aquí son únicamente con fines descriptivos y no implica un respaldo del Gobierno de los Estados Unidos. La Asociación GEER es posible gracias a la visión y el apoyo de los directores del programa Geotechnical Engineering Program de la NSF: La Dra. Giovanna Biscontin, el Dr. Richard Fragaszy y el fallecido Dr. Cliff Astill. Los miembros de GEER también donan su tiempo, talento y recursos para recopilar observaciones de campo perecederas sobre los efectos de eventos extremos.

A través del programa Learning from Earthquakes (LFE, por sus siglas en inglés) del Earthquake Engineering Research Institute (EERI) se organizaron tres grandes convocatorias de coordinación poco después de los terremotos y se identificaron sinergias entre varios grupos interesados en estudiar los impactos de estos eventos. Agradecemos a EERI todo su apoyo, en particular a Robb Moss, Ayse Hortacsu y Maggie Ortiz.

Los autores también desean expresar su agradecimiento al USGS, al GEM y a la NASA por proporcionar acceso a modelos de peligro y riesgo, imágenes satelitales de alta resolución y otros productos y análisis relevantes para sustentar las actividades de GEER. Se agradece profundamente la generosidad de muchos colegas, entre ellos Vitor Silva, Catalina Yepes, Helen Crowley, Kate Allstadt, Corina Cerovski-Darriau, William Barnhart, Zoe Harriet, Catherine Hanagan, Morgan Moschetti, Gavin Hayes y Joshua Barnes. La red E2SCALA, financiada por la NSF, y sus miembros fueron especialmente útiles en las primeras etapas de la coordinación de la respuesta, facilitando la conexión con profesionales y estudiantes locales en Venezuela, así como con colegas interesados en América Latina y el Caribe. Los proyectos ClASH, DesignSafe, RAPID, CONVERGE y StEER, financiados por la NSF, también ofrecieron recursos y apoyo útiles durante nuestras actividades de reconocimiento. Quisiéramos dar un agradecimiento especial a Joseph Wartman, Ellen Rathje, Tim Cockerill, Ben Mason, Dimitrios Zekkos, Brian Yanites y El Knappe. La colaboración con Christian Martinez Contreras, quien desarrolló y mantiene la plataforma crisisvenezuela.org también fue fundamental en el éxito de la misión.

El equipo GEER está particularmente agradecido con los miembros del equipo de campo (y sus colaboradores) que pudieron recopilar evidencia increíblemente valiosa sobre los impactos geotécnicos de estos eventos, incluidos Francisco Pinto (de la Universidad de Chile), Luis Fargier Gabaldón (de la Universidad de Notre Dame), Eduardo Núñez (Universidad Católica de la Santísima Concepción en Chile) y Ramón Mata (Universidad San Sebastián en Chile). Entre colaboradores de instituciones internacionales se encuentran: Eduardo Miranda (Stanford), Camila López (Degenkolb), Carlos Arteta (Universidad del Norte, Colombia), Jorge Archbold (Universidad del Norte, Colombia), así como Ph.D. los estudiantes Nathan Gormay y Diego Montemayor de Stanford. Los autores también agradecen a la Universidad Católica de la Santísima Concepción y a la Universidad San Sebastián por su apoyo institucional y por facilitar la misión

de reconocimiento de campo y las inspecciones posteriores al terremoto dirigidas por el Dr. Núñez y la Dra. Mata Lemus. El apoyo financiero al Dr. Francisco J. Pinto fue proporcionado por el Grupo de Estructuras, Sísmica y Geotecnia del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile.

Un reconocimiento especial para todos los contactos locales del equipo GEER en Venezuela, quienes han sido colaboradores excepcionales en el proceso de comprender mejor la naturaleza y los impactos de estos eventos. Nuestra colaboración continua es una ventaja no solo para la finalización del informe de GEER, sino también para futuros trabajos en áreas que identificamos de manera conjunta como necesidades prioritarias. Específicamente, agradecemos a nuestros colegas de la Sociedad Venezolana de Geotecnia (particularmente, los Profesores Heriberto Echezuria y Wagdi Naime, así como Jhendiel Anato), la Universidad Metropolitana (UNIMET; particularmente, al Profesor Gustavo Iribarren), la Universidad Central de Venezuela (UCV; particularmente, al Profesor Eduardo García y José Luis López, así como a Valentina Páez), la Universidad Católica Andrés Bello (UCAB; Profesor Alfredo Urich). Así mismo, extendemos nuestro sincero agradecimiento al Dr. Duilio Marcial y al Dr. Ronald Torres del Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME) de la Universidad Central de Venezuela (UCV) por su valiosa asistencia técnica y apoyo durante la etapa en campo. También agradecemos especialmente al MSc. Ahmad Idrees de la Universidad de Carabobo y al Ing. Juan Hung por su esencial coordinación logística, asistencia local y apoyo continuo durante todas las actividades de reconocimiento en el terreno.

Los estudiantes de pregrado de la UNIMET y la UCAB fueron de gran ayuda durante los múltiples despliegues sobre el terreno, ofreciendo apoyo logístico y recopilando ellos mismos datos perecederos después de haber sido entrenados a distancia por miembros de GEER. Entre estos estudiantes tenemos a: Isabella Sánchez (UNIMET), Ericka Jiménez (UCAB), Vicmarly Paredes (UCAB), Daniel León (UNIMET), Ernesto Toro (UCAB) y Andrea Calles. Otros colegas venezolanos que generosamente ofrecieron su tiempo y conocimientos fueron Sergio Marín, Pascual Perazzo, Javier García, José Ignacio Amundaray, Michael Smichtz, Daniel Salcedo, José Gerardo Castillo, José Ochoa, Rosa de Mola y Edgar Ferreira.

Otros grupos internacionales que ofrecen apoyo e información al equipo de GEER son CEER, NZSEE, LACSC y la ISSMGE.

Las empresas de ingeniería Geosyntec, Exponent y Karen Clark and CO ofrecieron horas laborales de varios ingenieros y científicos, aportaron recursos y participaron en el análisis de datos, la preparación de informes y las presentaciones relacionadas.

Convertir los desastres en conocimiento requiere de comunidad, y este informe de GEER refleja cómo nuestra comunidad científica internacional puede unirse para aprender colectivamente, recopilar y compartir datos perecederos y ayudar a construir infraestructuras y comunidades más resilientes en el mundo.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 38
   1.1 Alcance del reconocimiento 40
   1.2 Objetivos de reconocimiento 43
   1.3 Organización del informe 43
   1.4 Referencias 44

2. ESTRUCTURA DEL EQUIPO Y ENFOQUE PARA LA RECOPILACIÓN DE DATOS 45
   2.1 Aspectos generales sobre el repositorio de datos de redes sociales y noticias 52
      2.1.1 Caracas 52
      2.1.2 La Guaira 55
   2.2 Resumen de la evidencia fotográfica recopilada por la SVDG en La Guaira 69
   2.3 Investigación del subsuelo: pozos de sondeo y ensayos de laboratorio 89
   2.4 Operaciones de vuelo de drones y datos aéreos 90
   2.5 Inspecciones de las presas 96
   2.6 Referencias 98

3. TECTÓNICA REGIONAL 99
   3.1 Resumen 99
   3.2 Contexto tectónico y geodinámico 99
   3.3 Terremotos históricos 102
   3.4 Registro paleosísmico 105
   3.5 Referencias 107

4. CONTEXTO GEOLÓGICO 111
   4.1 Resumen 111
   4.2 Introducción 112
   4.3 Aspectos generales sobre la geología del estado de La Guaira. 112
   4.4 Aspectos generales sobre la geología del Valle de Caracas. 115
   4.5 Agradecimientos 116
   4.6 Referencias 117

5. SISMICIDAD Y CARACTERÍSTICAS DE LA FUENTE SÍSMICA 118
   5.1 Resumen 118
   5.2 Cronología de eventos y evolución de las soluciones de la fuente 118
   5.3 Evolución de la ruptura y geometría de la falla 125
   5.4 Secuencia de réplicas y distribución espacial 130
   5.5 Directividad de la ruptura e implicaciones del movimiento del suelo 132
   5.6 Prioridades de reconocimiento 132

5.7 Referencias 132

6. CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO DEL SUELO Y EFECTOS LOCALES DEL SITIO 136
6.1 Condiciones sísmicas del sitio en las áreas afectadas 136
6.1.1 Caracas 137
6.1.2 La Guaira 140
6.1.3 Valencia 143
6.1.4 Maracay 147
6.2 Características del movimiento del suelo 148
6.2.1 Redes sísmicas en la región 148
6.2.2 Observaciones indirectas del movimiento del suelo 152
6.3 Registros de movimientos del suelo y mediciones de intensidad correspondientes ...156
6.4 Factores potenciales que afectan las características del movimiento del suelo.....163
6.4.1 Efectos de fallas cercanas en los movimientos del terreno 163
6.4.2 Efectos de cuenca 164
6.4.3 Efectos de la licuación en el movimiento del suelo 167
6.5 Comparación de los movimientos sísmicos observados con los modelos de movimiento sísmico 167
6.6 Influencia de los efectos del sitio en los patrones de movimiento del terreno y daños 172
6.6.1 Efectos locales observados en terremotos anteriores en Venezuela.....172
6.6.2 Posibles efectos locales en el sitio durante los terremotos de 2026 en Venezuela 174
6.7 Referencias 178

7. EVIDENCIA REMOTA DE DEFORMACIÓN DEL TERRENO.....183
7.1 Resumen 183
7.2 Inventario de deformaciones del terreno 183
7.3 Referencias 189

8. RUPTURA DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO A LO LARGO DE LA FALLA.....190
8.1 Desplazamiento regional 190
8.2 Evidencia local de ruptura de la superficie del suelo 193
8.3 Recomendaciones para futuros estudios.....208
8.4 Referencias 209

9. LICUACIÓN 210
9.1 Evidencia histórica de licuación en las regiones afectadas 211
9.2 Contexto geológico y geomorfológico de las zonas afectadas.....212

9.3 Evaluación de los riesgos de licuación 213
9.4 Distribución espacial de la licuación observada 214
9.4.1 Patrón regional y demanda sísmica 215
9.4.2 Inventario elaborado a partir de imágenes posteriores al evento 215
9.4.3 Sitios documentados en campo y cantidades medidas 221
9.5 Tipos de Evidencia 223
9.5.1 Agrietamiento y fisuras del terreno en zonas costeras bajas 223
9.5.2 Desprendimiento lateral de Marinas y rellenos costeros 224
9.5.3 Desprendimiento lateral a lo largo del corredor vial de Caraballeda 227
9.5.4 Accesos a puentes y riberas de los ríos 229
9.5.5 Asentamientos y daños en los cimientos 230
9.5.6 Área epicentral y costa central 232
9.5.7 Evidencia negativa 235
9.6 Observaciones de apoyo provenientes de la geodesia satelital 236
9.7 Interpretación preliminar 236
9.8 Una plataforma para la investigación: Casos históricos, necesidades de datos y agenda 237
9.9 Fuentes de datos y atribuciones 239
9.10 Referencias 240

10. ESTABILIDAD SÍSMICA DE TALUDES Y PELIGROS COMPUESTOS 241
10.1 Antecedentes de la actividad de deslizamientos de tierra 243
10.2 Tendencias 245
10.3 Intersección con los aludes torrenciales de diciembre de 1999 245
10.4 Peligros compuestos 259
10.5 Observaciones en el lugar del deslizamiento de tierra 261
10.5.1 Cifras de impacto en la infraestructura 262
10.5.2 Figuras de peligros compuestos 268
10.5.3 Ejemplos típicos de deslizamientos de tierra (Figuras) 273
10.6 Oportunidades para la recopilación de datos en el futuro 276
10.7 Agradecimientos 277
10.8 Referencias 277

11. IMPACTOS EN EDIFICIOS DE INGENIERÍA 280
11.1 Resumen 280
11.2 Ejemplos seleccionados de evidencia de campo 280
11.3 Interacción estructura-suelo-estructura en un área urbana agrupada alrededor de la avenida Playa Grande, Catia La Mar 310
11.3.1 Ausencia de fallas del terreno 311

11.3.2 El patrón de daño....312
11.3.3 Interpretación....315
11.3.4 Recomendaciones....316
11.4 Panorama general de los códigos de diseño sísmico (1939-2026)....316
11.4.1 Ministerio de Obras Públicas (MOP) 1955....316
11.4.2 Ministerio de Obras Públicas 1967....317
11.4.3 Norma Venezolana de Edificaciones Antisísmicas (COVENIN 1756-82)....318
11.4.4 Edificaciones Sismorresistentes (COVENIN 1756-01)....319
11.4.5 Norma Venezolana de Construcciones Sismorresistentes (COVENIN 1756-19)....321
11.4.6 Consideraciones geotécnicas y limitaciones del código....322
11.5 Agradecimientos....323
11.6 Referencias....323

12. IMPACTOS EN LAS PRESAS....326
12.1 Presas de control de sedimentos....335
12.1.1 Organización y planificación del programa de inspección....336
12.1.2 Inspecciones de campo....336
12.1.3 Resumen de las observaciones generales de la inspección y próximos pasos.....344

13. REDES DE SERVICIOS ESENCIALES....346
13.1 Petróleo y gas....346
13.2 Energía eléctrica....348
13.3 Agua potable y red sanitaria....350
13.4 Transporte....352
13.5 Agradecimientos....353
13.6 Referencias....353

14. IMPACTOS HUMANOS Y ECONÓMICOS....356
14.1 Actores y acciones de respuesta ante eventos extremos....356
14.2 Estimaciones analíticas preliminares de los impactos....356
14.2.1 PAGER del USGS....356
14.2.2 GEM....358
14.2.3 UNDRR....361
14.2.4 GRADE del Banco Mundial....362
14.3 Impactos reportados en el primer mes....363
14.3.1 Rescate y víctimas....363
14.3.2 Desplazamiento de la población....364

14.3.3 Acceso a servicios y necesidades básicas.....366
14.3.4 Informes sobre poblaciones vulnerables 369
14.4 Referencias 370

LISTA DE TABLAS

Tabla 2-1. Autores principales de esta sección 45
Tabla 2-2. Lista del equipo remoto de GEER (en orden alfabético) 45
Tabla 2-3. Lista de miembros del equipo de campo de GEER (en orden alfabético)..... 46
Tabla 2-4. Lista de miembros del grupo de WhatsApp de ES2CALA y su afiliación (en orden alfabético) 47
Tabla 2-5. Las presas de retención de sedimentos se inspeccionarán en agosto de 2026..... 97
Tabla 3-1. Autores principales de esta sección 99
Tabla 4-1. Autores principales de esta sección 111
Tabla 5-1. Autores principales de esta sección 118
Tabla 5-2. Comparación entre las soluciones de fuente y los productos de ruptura actuales y anteriores. 122
Tabla 6-1. Autores principales de esta sección 136
Tabla 6-2. Metadatos de la estación sísmica 151
Tabla 6-3. Medidas de intensidad (Parte 1) 160
Tabla 6-4. Medidas de intensidad (Parte 2) 160
Tabla 7-1. Autores principales de esta sección 183
Tabla 7-2. Imágenes aéreas posteriores al terremoto 185
Tabla 8-1. Autores principales de esta sección 190
Tabla 9-1. Autores principales de esta sección 210
Tabla 9-2. Resumen de la evidencia histórica de licuación en las regiones afectadas (modificado de Rodríguez, Audemard y Rodríguez, 2006) 211
Tabla 9-3. Deformación del terreno cartografiada debido a la licuación a lo largo del corredor costero de La Guaira a partir de imágenes ópticas posteriores al evento, según el tipo de evidencia y el grado de confianza del analista. Las reclasificaciones de campo analizadas en la Sección 9.5.7 se aplican parcialmente aquí, de modo que la interpretación remota siga siendo auditable. 215
Tabla 9-4. Sitios documentados sobre el terreno con evidencia de licuación o deformación del suelo inducida por la licuación. Las atribuciones son provisionales y requieren confirmación por parte de los equipos que las hicieron. 221
Tabla 9-5. Mediciones cuantitativas disponibles en los sitios documentados en este capítulo. . 222
Tabla 9-6. Potenciales casos históricos extraídos del material de este capítulo, y los datos necesarios para completarlos. 237
Tabla 10-1. Autores principales de esta sección 241
Tabla 10-2. Resumen de las características de la cuencas y de los sedimentos depositados por los aludes torrenciales de diciembre de 1999. 251
Tabla 10-3. Cambio máximo estimado en la línea de costa por cuenca hidrográfica causado por la deposición de sedimentos tras los aludes torrenciales de 1999. 255
Tabla 10-4. Obras de control de sedimentos, mapas de riesgo de flujos de detritos por cuenca hidrográfica e intersección espacial de estructuras afectadas por los terremotos de 2026 con zonas de alto riesgo de flujos de detritos torrenciales en La Guaira, Venezuela. Nota: El porcentaje se calculó como la proporción de estructuras dañadas por el terremoto (según lo informado por crisisvenezuela.org) ubicadas dentro de zonas de alto riesgo de flujos de detritos en cada cuenca hidrográfica. 257

Tabla 11-1. Autores principales de esta sección 280
Tabla 11-2. Coeficiente de diseño sísmico para la zona 3, MOP 1965 (C = cortante basal de diseño / peso del edificio, basado en el diseño de esfuerzos admisibles) 318
Tabla 12-1. Autores principales de esta sección 326
Table 12-2. Lista de presas georreferenciadas. 326
Tabla 12-3. Calendario de inspección de las presas de control de sedimentos 337
Tabla 13-1. Autores principales de esta sección 346
Tabla 14-1. Autores principales de esta sección 356
Tabla 14-2. Estimaciones analíticas de riesgo de la Fundación GEM. 358
Tabla 14-3. Desglose demográfico y de daños a la vivienda de las personas en los refugios temporales según la Matriz de Seguimiento de Desplazamientos (DTM) de la Organización Internacional para las Migraciones (OIM) 366

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1. Mapa de Venezuela que muestra la ubicación de los epicentros de los terremotos de junio de 2026 en San Felipe (M 7.2) y Catia La Mar (M 7.5). Se muestran los mecanismos focales (del USGS) para ambos eventos. 38
Figura 1-2. Diagrama de los límites de las placas de Venezuela (modificado de Audemard 2000). 39
Figura 1-3. Mapa de fallas cuaternarias dentro del área de interés (modificado de Audemard 2000). 40
Figura 1-4. Descripción general de la zona central de la costa norte de Venezuela y áreas prioritarias para los equipos de campo de GEER de las fases I, II y III, así como para el equipo remoto de GEER que no viajó. 42
Figura 2-1. Daños documentados por crisisvenezuela.org mediante esfuerzos de colaboración ciudadana. 49
Figura 2-2. Red de colaboración que contribuye a la respuesta rápida luego de los terremotos de 2026 en Venezuela 50
Figura 2-3. Torre Bancaracas, Los Palos Grandes, Miranda: (a) Antes de los terremotos, de Google Earth; (b) Después de los terremotos, compartida en el grupo de chat de WhatsApp de E2SCALA; e (c) Imágenes aéreas de Google Earth de fecha 3 de enero de 2026 (Coordenadas: 10.497611°, -66.850849°) 52
Figura 2-4. Edificio Rita (a) Mosaico fotográfico (proveniente de redes sociales, compartidas en el grupo de chat de WhatsApp de E2SCALA) de edificios cercano a la intersección de la Avenida Los Próceres y la Avenida Marqués del Toro, Caracas, después de los terremotos e (b) Imágenes aéreas de Google Earth de fecha 21 de diciembre de 2025 (Coordenadas: 10.514921°, -66.898304°) 53
Figura 2-5. Torre Petunia en Los Palos Grandes, Miranda: (a, b) Antes de los terremotos, de Google Earth; (c) Después de los terremotos, compartida en el grupo de chat de WhatsApp de E2SCALA; e (d) Imágenes aéreas de Google Earth de fecha 13 de mayo de 2024 (Coordenadas: 10.498366°, -66.847556°) 54
Figura 2-6. Edificio de apartamentos inclinado en La Guaira, Venezuela. Ubicación (a) antes de los terremotos, (b) después de los terremotos, compartida en el grupo de chat de WhatsApp de E2SCALA, y (c) una vista aérea de Google Earth del 8 de mayo de 2026, edificio de referencia (con marcador rojo) en las coordenadas: 10.61055°, -67.010966° 55
Figura 2-7. Hotel Eduard´s (a) Antes de los terremotos; (b) Vista aérea del 5 de febrero de 2025 de Google Earth, coordenadas 10.605006°, −66.900661°; (c) Foto después de los terremotos proveniente de redes sociales, compartida en el grupo de chat de WhatsApp de E2SCALA 56
Figura 2-8. (a,b) Pavimento agrietado en el Aeropuerto Internacional Simón Bolívar, La Guaira, con coordenadas aproximadas 10.604266°, −66.997822° y (c) vista aérea proveniente de redes sociales, compartida en el grupo de chat de WhatsApp de E2SCALA. Google Earth, de fecha 8 de mayo de 2026 57
Figura 2-9. Residencias Los Delfines: (a) Después de los terremotos, marcado con un triángulo rojo en el mapa del sitio en 10.610009°, −67.025497°; (b) Después de los terremotos, marcado con un círculo rojo en el mapa del sitio en 10.610194°, −67.024792°; (c) Vista aérea de imágenes de Google Earth de fecha 8 de mayo de 2026. Las imágenes posteriores a los terremotos fueron tomadas de un video compartido en el grupo de chat de WhatsApp de E2SCALA 58

Figura 2-10. Edificio inclinado identificado en la Figura 2-9 59
Figura 2-11. Edificios de apartamentos en Catia La Mar, La Guaira, Venezuela, el 27 de febrero de 2026 y el 26 de junio de 2026 (a) antes y (b) después de los terremotos. Imágenes satelitales que muestran la magnitud de la devastación en Venezuela luego de dos terremotos, publicadas por NBC News, sitio web: https://www.nbcnews.com/world/venezuela/satellite-images-show-scope-devastation-venezuela-dual-earthquakes-rcna352017..... 60
Figura 2-12. Edificio de apartamentos en La Guaira, Venezuela, el (a) 22 de junio, antes de los terremotos y el (b) 25 de junio después de los terremotos. Imágenes satelitales muestran el alcance de la devastación en Venezuela después de dos terremotos por NBC News, sitio web: https://www.youtube.com/watch?v=0_ORDDBX78A. Coordenadas de la esquina sureste de la cuadra: 10.6105°, -67.0115° 61
Figura 2-13. Conjunto Residencial Belo Horizonte el (a) 27 de febrero y el (b) 26 de junio después de los terremotos (Imágenes satelitales muestran el alcance de la devastación en Venezuela después de los dos terremotos por NBC News, sitio web: https://www.youtube.com/watch?v=0_ORDDBX78A). Coordenadas 10.60966, −67.026897 ... 62
Figura 2-14. Edificio de apartamentos en Caraballeda, La Guaira el (a) 28 de diciembre y el (b) 26 de junio después de los terremotos (Ref.: Imágenes satelitales muestran la magnitud de la devastación en Venezuela después de los dos terremotos, según NBC News (sitio web: https://www.youtube.com/watch?v=0_ORDDBX78A). Coordenadas del edificio en forma de L: 10.614721°, −66.839135°)..... 63
Figura 2-15. Edificio desconocido (a) Antes de los terremotos según imágenes aéreas de Google Earth del 13 de mayo de 2024; (b y c) Después de los terremotos informados por Fox News ()https://www.bing.com/videos/riverview/relatedvideo?q=venezuela%20earthquake&mid=FC0431836BA833B16A10FC0431836BA833B16A10&ajaxhist=0 El edificio con coordenadas 10.617879°, −66.856783° está identificado con un triángulo rojo en cada imagen 64
Figura 2-16. Residencias Coral Beach en Playa Puerto Viejo, La Guaira: (a) Antes del terremoto, a partir de imágenes de Google Earth de fecha 13 de mayo de 2024 y (b) Después del terremoto proveniente de YouTube. (10.617927°, -66.854617°)..... 65
Figura 2-17. Residencia Nautilus, La Guaira: (a) Antes del terremoto, proveniente de imágenes de Google Earth de fecha 18 de mayo de 2026 y (b) Después del terremoto proveniente de YouTube, publicada por CNN Español, sitio web: https://www.youtube.com/watch?v=3hSnUZuDLm4. (Coordenadas del edificio caído: 10.613174°, -67.022818°)..... 66
Figura 2-18. Edificios residenciales en La Guaira: (a) Antes del terremoto, proveniente de imágenes de Google Earth de fecha 8 de mayo de 2026 y (b) Después del terremoto, proveniente de YouTube, publicada por CNN Español (sitio web: https://www.youtube.com/watch?v=3hSnUZuDLm4) que muestra edificios inclinados en coordenadas 10.607062°, −67.022638°. Lugares cercanos: (c) Antes y (d) Después del terremoto, mostrando edificios derrumbados en coordenadas 10.604969°, −67.027677°) 67
Figura 2-19. Comparación de vuelos (a) Antes y (b) Después del terremoto, proveniente de YouTube, publicado por CNN Español, sitio web: https://www.youtube.com/watch?v=3hSnUZuDLm4. (Coordenadas de la redoma: 10609240°, -67,013953°)..... 68

Figura 2-20. Hotel Fioremar (a) Antes de los terremotos según imágenes aéreas de Google Earth de fecha 13 de mayo de 2024 (10.615479°, −66.844534°); (b, c) después de los terremotos. Fuente: SVDG 69
Figura 2-21. Bahía de los Niños (a) Antes de los terremotos según imágenes aéreas de Google Earth de fecha 13 de mayo de 2024 (10.614823°, −66.862014°); (b,c) después de los terremotos. Fuente: SVDG 70
Figura 2-22. (a,b) Bahía de los Niños. Fuente: SVDG 71
Figura 2-23. Torres El Caribe Misión Vivienda (a) Antes de los terremotos según imágenes aéreas de Google Earth de fecha 13 de mayo de 2024, ubicación aproximada 10.615379°, −66.840113°, y (b) después de los terremotos. Fuente: SVDG 72
Figura 2-24. Centro Comercial Costa del Sol (a) Antes de los terremotos según imágenes aéreas de Google Earth de fecha 13 de mayo de 2024, ubicación 10.618215°, −66.845968°, y (b) después de los terremotos. Se añadió un triángulo rojo como marcador en el centro comercial a modo de referencia. Fuente: SVDG 73
Figura 2-25. Residencias Costa Bella (a) Antes de los terremotos según imágenes aéreas de Google Earth de fecha 13 de mayo de 2024, ubicación 10.617858°, −66.850622° y (b) después de los terremotos. Fuente: SVDG 74
Figura 2-26. A lo largo de la Avenida José María España, mirando hacia el Bodegón Playa el Yate (a,b) Antes de los terremotos según imágenes aéreas de Google Earth de fecha 13 de mayo de 2024, ubicación 10.619220°, −66.847192° y (c) después de los terremotos. Fuente: SVDG . 75
Figura 2-27. Edificio Residencias Vistamar, a lo largo de la Avenida José María España (a) Antes de los terremotos según imágenes aéreas de Google Earth de fecha 13 de mayo de 2024, ubicación 10.618783°, −66.848646° y (b) después de los terremotos. Fuente: SVDG 76
Figura 2-28. Residencia Mariola (a) Antes de los terremotos según Google Earth desde la Avenida Costanera, de fecha 13 de mayo de 2024, ubicación 10.618516°, −66.847591° (b) Antes de los terremotos desde la Avenida José María España y (c) después de los terremotos. Fuente: SVDG 77
Figura 2-29. Desprendimiento lateral inducido por licuación a lo largo de la Av. José María España, esquina este del centro comercial Doña Bárbara (a) Antes de los terremotos, según imágenes aéreas de Google Earth de fecha 13 de mayo de 2024, ubicación 10.619014°, −66.851115° y (b) Antes de los terremotos, vista hacia el oeste, y (c) después de los terremotos, vista hacia el oeste. Fuente: SVDG 78
Figura 2-30. (a) Antes y (b,c) después de los terremotos en las afueras del centro comercial Doña Bárbara. Coordenadas: 10.618944°, -66.850752°. Fuente: SVDG 79
Figura 2-31. Residencias Mar de Leva (a) Antes de los terremotos según imágenes aéreas de Google Earth de fecha 30 de abril de 2024, ubicación 10.618594°, −66.852742° y (b) Antes de los terremotos, vista hacia el sur, y (c) después de los terremotos, vista hacia el sur. Fuente: SVDG 80
Figura 2-32. Residencias Auromar (a) Antes de los terremotos según imágenes aéreas de Google Earth de fecha 13 de mayo de 2024, ubicación 10.614899°, −66.836234°, (b) proveniente de Google Earth, desde la calle La Plata, y (c) después de los terremotos desde la misma calle. Fuente: SVDG 81
Figura 2-33. Residencias Airchuna (a) Antes de los terremotos según imágenes aéreas de Google Earth de fecha 13 de mayo de 2024, ubicación 10.616960°, -66.857965° ,(b) proveniente de Google Earth, antes del terremoto, y (c) después de los terremotos. Fuente: SVDG 82

Figura 2-34. Residencias Costa Azul (a) Antes de los terremotos según imágenes aéreas de Google Earth de fecha 13 de mayo de 2024, ubicación 10.617851°, −66.856446° (b) provenientes de Google Earth, antes de los terremotos, y (c) después de los terremotos. Fuente: SVDG 83
Figura 2-35. Muro de contención anclado cerca del edificio El Jurel (a) Antes de los terremotos según imágenes aéreas de Google Earth de fecha 8 de mayo de 2026, ubicación 10.610197°, −67.008568° (b,c) imágenes después del terremoto. Fuente: SVDG 84
Figura 2-36. (a,b,c) Marina de Caraballeda, coordenadas 10.619951°, −66.843447°. Fuente: SVDG 85
Figura 2-37. (a,b) Falla del terreno cerca de edificios de cuatro pisos ubicados en el área de Mare Abajo, coordenadas 10.608454°, -66.983710° y 10.608705°, −66.984050°, (c) Vista aérea tomada de Google Earth de fecha 8 de mayo de 2026 con una ubicación aproximada de las imágenes en los elementos a y b. Fuente: SVDG 86
Figura 2-38. (a) Falla de la carretera a lo largo de la calle José María Vargas, coordenadas aproximadas 10.610380°, −66.996350° (b) Vista aérea tomada de Google Earth de fecha 8 de mayo de 2026. Fuente: SVDG 87
Figura 2-39. (a) Falla de la carretera a lo largo de la calle José María Vargas, aproximadamente 500 m al oeste de la entrada del puerto, coordenadas 10.604193°, −66.966580° (b) Vista aérea tomada de Google Earth de fecha 8 de mayo de 2026. Fuente: SVDG 88
Figura 2-40. Lugares de exploración en el Urbanismo Hugo Chávez 89
Figura 2-41. Ejemplo de muestreador de tubo partido para SPT y material encontrado 90
Figura 2-42. Desprendimiento de taludes en el borde del terraplén del Urbanismo Hugo Chávez 91
Figura 2-43. Alcance de las imágenes de drones en el área de Playa Grande 92
Figura 2-44. Alcance de las imágenes de drones en el área de Caraballeda 92
Figura 2-45. Alcance de las imágenes de drones en el área de Macuto 93
Figura 2-46. Alcance de las imágenes de drones para el área de Catia La Mar 93
Figura 2-47. Alcance de las imágenes de drones en el área de Tanaguarena 94
Figura 2-48. Alcance de las imágenes de drones para el edificio Torre Marina 95
Figura 2-49. Calle detrás del edificio El Jurel 95
Figura 2-50. Desprendimientos del terreno debajo del edificio Torre Marina 96
Figura 2-51. Cuencas hidrográficas (líneas) y presas de retención de sedimentos (marcadores rojos) en el Litoral Central. Fuente: López 2010 97
Figura 3-1. Contexto tectónico de los sismos del 24 de junio en el norte de Sudamérica. Los principales sistemas de fallas asociados al límite sur de la placa del Caribe están resaltados en rojo. La ubicación de los dos epicentros y los mecanismos focales según USGS (2026a) y USGS (2026b). Características estructurales tomadas de Audemard y Audemard (2002). Vectores geodésicos y tasas de desplazamiento según Mora-Páez y Audemard (2021), Pérez et al. (2018) y Pérez et al. (2001). 100
Figura 3-2. Mapa geológico simplificado (A) y sección transversal tectónica (B) del límite de la placa Caribe-Sudamérica a través de la región centro-norte de Venezuela, adaptados de Pindell et al. (2025). El marco tectonoestratigráfico del norte de Venezuela comprende el Terreno de Ávila (A), Terreno de Agua Blanca (AB), Terreno de Aroa (Ar), Terreno de Carayaca (C), Terreno de San Sebastián (SS), Terreno de Tacagua (T), Terreno de Los Cristales (M) y Terreno de Villa de Cura (VC). Entre los principales elementos estructurales se destacan el Cinturón de Caracas

(CB), el Cinturón Caucagua-El Tinaco (CT), el Cinturón Loma de Hierro-Paracotos (LHP) y el Cinturón del Piamonte (PB), así como los principales sistemas de fallas como la Falla de Cantagallo (CF) y la Falla de Guárico (GF). Otras características geológicas significativas representadas en la región son las Napas de Lara (L), Puerto Cabello (PC), Golfo Triste (GT) y la Peridotita de Tinaquillo (TP). Los depósitos cuaternarios están indicados con la letra Q. Este conjunto de terrenos, cinturones tectónicos, fallas y unidades litológicas registra la compleja evolución tectónica de la Cordillera de la Costa venezolana y las regiones adyacentes. 101
Figura 3-3. Localización de los epicentros y rupturas de los principales terremotos históricos que afectaron a La Guaira-Maiquetía, Caraballeda, Macuto y Caracas. Modificado y adaptado de Pousse-Beltran et al. (2017), Pérez et al. (2018), Audemard et al. (2000), Audemard (2002) y Hernández y Schmitz (2023). Los terremotos menores o no destructivos asociados con los sistemas de fallas de La Victoria y Tacagua-El Ávila se omiten por razones de simplicidad. La ubicación de los epicentros se refleja según USGS (2026a) y USGS (2026b)..... 103
Figura 3-4. Distribución espaciotemporal de la sismicidad histórica y ubicación de los sitios de trincheras a lo largo de la falla de Boconó según Audemard (2014) y Pousse-Beltran (2018). “Boc-e” indica el segmento de la falla de Boconó que se activó durante el terremoto del 24 de junio de 2026. El punto amarillo indica el epicentro del terremoto de magnitud 7.2 ocurrido el 24 de junio de 2026..... 106
Figura 4-1. Mapa geológico de la región de Caracas. Adaptado de la Dirección General Sectorial de Minas y Geología (1986). Se destacan las zonas más afectadas por los terremotos del 24 de junio de 2026. La ubicación de la falla de San Sebastián propuesta se basa en los resultados que se analizan en este informe. 113
Figura 4-2. Mapa geológico del valle de Caracas. Modificado y adaptado de Singer et al. (2021) y Oropeza y Singer (2015). Las zonas que sufrieron daños importantes luego de los terremotos del 24 de junio de 2026 están marcadas con círculos negros. 116
Figura 5-1. Instantánea del catálogo del USGS reproducida por Hubbard y Bradley (2026), que muestra las ubicaciones iniciales informadas para los terremotos de magnitud 7.2 y 7.5 y los eventos de magnitud 4 o superior hasta el 1 de julio de 2026; el panel inferior refleja la magnitud en función del tiempo. Las dos ubicaciones de grandes sismos que aparecen en esta instantánea han sido reemplazadas; el catálogo actual del USGS sitúa el hipocentro del sismo de magnitud 7.5 frente a la costa de La Guaira, cerca de Catia La Mar..... 120
Figura 5-2. Instantánea reproducida de la proyección de réplicas del USGS (último acceso: 5 de agosto de 2026). Los colores indican las réplicas que han ocurrido en la última semana (amarillo), el último mes (blanco) o hace más de un mes (gris). La ubicación actualizada del epicentro de magnitud 7.5 se muestra con una estrella..... 121
Figura 5-3. Ubicaciones actualizadas del catálogo del USGS de los terremotos de magnitud 7.2 y 7.5, que muestran el epicentro occidental del terremoto de magnitud 7.2 y el epicentro oriental del terremoto de magnitud 7.5 frente a la costa de La Guaira, cerca de Catia La Mar. Servicio Geológico de los Estados Unidos (2026b, 2026c). 121
Figura 5-4. Ubicación de los terremotos del norte de Venezuela del 24 de junio de 2026 y una réplica temprana de magnitud 4.6, según lo informado por GFZ/GEOFON. Instantánea reproducida del GFZ Helmholtz Centre for Geosciences (2026c); orígenes actuales del USGS: Servicio Geológico de los Estados Unidos (2026b, 2026c)..... 122
Figura 5-5. Soluciones del tensor de momento de fase W del USGS para los sub-eventos M7.2 y M7.5. Los valores que se muestran junto a los planos nodales son el rumbo, el buzamiento y el

deslizamiento; la magnitud del momento sísmico informada y la profundidad del centroide se enumeran debajo de cada mecanismo focal. Recopilado a partir de datos del Servicio Geológico de los Estados Unidos (2026b, 2026c). 124
Figura 5-6. Soluciones estándar del tensor de momento de GFZ/GEOFON para los sub-eventos M7.3 y M7.4, incluyendo el origen del evento, la ubicación de la fuente, la profundidad de la fuente y el rumbo, buzamiento y deslizamiento de ambos planos nodales. La solución estándar de GEOFON utiliza ondas de cuerpo y de superficie. Recopilado a partir de los registros de eventos de GEOFON (GFZ Helmholtz Centre for Geosciences, 2026a, 2026b; CC BY 4.0). 124
Figura 5-7. Información del catálogo de GCMT y solución del tensor de momento para el evento M7.5. 125
Figura 5-8. Imagen preliminar de retroproyección de los terremotos de Venezuela del 24 de junio de 2026. El panel izquierdo muestra la geometría del arreglo de estaciones, y el panel derecho muestra los máximos de retroproyección codificados en el tiempo, cuyas ubicaciones representadas gráficamente tienden generalmente hacia el este. Fuente: Dun Wang y colaboradores, China University of Geosciences, Wuhan. 126
Figura 5-9. Campo de deformación derivado de InSAR asociado con la secuencia sísmica del 24 de junio de 2026 en Venezuela. Figura generada a partir de imágenes del satélite Copernicus Sentinel-1. Procesamiento de InSAR y modelado preliminar de la fuente: IREA-CNR e INGV; reproducido a partir de INGVterremoti (2026). 127
Figura 5-10. Interferograma del satélite Sentinel-1 que muestra la deformación del terreno asociada al doblete sísmico ocurrido en Venezuela el 24 de junio de 2026. Fuente: datos modificados del satélite Copernicus Sentinel-1 (2026), procesados por la Agencia Espacial Europea. 127
Figura 5-11. Modelo de falla finita del USGS para los terremotos de Venezuela del 24 de junio de 2026; actualizado el 27 de julio de 2026. Arriba: secciones transversales del desplazamiento lateral modelado en dos segmentos de falla, con rumbo y buzamiento del segmento, amplitud del desplazamiento, flechas que indican la dirección del desplazamiento, estrellas que señalan la ubicación del evento y contornos del frente de ruptura a intervalos de 10 segundos. Abajo: proyección de superficie que muestra la ubicación occidental del Evento 1 y oriental del Evento 2, el desplazamiento modelado, la geometría de la falla y los vectores de GNSS observados y sintéticos. Fuente: Servicio Geológico de los Estados Unidos (2026a). 128
Figura 5-12. Campo de desplazamiento preliminar este-oeste a partir de la correlación óptica de imágenes de Copernicus Sentinel-2 anteriores y posteriores al evento a lo largo de la costa de La Guaira-Caraballeda. El autor de la fuente interpretó una señal dextral de aproximadamente 2 m en La Guaira y consideró que la continuación hacia Caraballeda era tentativa. Contiene datos modificados de Copernicus Sentinel-2 (2026); análisis y figura de Valkaniotis (2026a). 129
Figura 5-13. Secciones de profundidad paralelas a la falla, procedentes de la compilación preliminar del 17 de julio de 2026 sobre los terremotos de Venezuela. La sismicidad histórica se muestra en gris, los eventos posteriores al sismo principal tienen color según la profundidad, las ubicaciones de los dos sismos principales están marcadas con estrellas rojas y el desplazamiento modelado se muestra como parches de falla coloreados. Las estrellas y las zonas de desplazamiento representan las ubicaciones iniciales del USGS (es decir, no actualizadas para el evento de magnitud 7.5) y la solución de falla finita disponible el 17 de julio. Las secciones incluyen los terremotos ocurridos dentro de 40 km, 20 km y 10 km del perfil, respectivamente. Visualización y recopilación de sismicidad: Baoning Wu, comunicación personal; parches de

falla finitos y coordenadas del sismo principal en ese momento: Productos del USGS consultados el 17 de julio de 2026. 131
Figura 5-14. Mapa procedente de la compilación preliminar del 17 de julio de 2026 de la secuencia sísmica de Venezuela. La sismicidad histórica se muestra en gris, los eventos posteriores al sismo principal tienen color según la profundidad y en escala según la magnitud, y las zonas de falla finitas están coloreadas según el desplazamiento modelado. Las estrellas y las zonas de desplazamiento representan las ubicaciones iniciales del USGS y la solución de falla finita disponible el 17 de julio. Visualización y recopilación de sismicidad: Baoning Wu, comunicación personal; parches de falla finitos y coordenadas del sismo principal en ese momento: Productos del USGS consultados el 17 de julio de 2026. Cabe destacar que el 27 de julio de 2026 el USGS actualizó su modelo de ruptura de falla y la ubicación del evento de magnitud 7.5. 131
Figura 6-1. Localización de las zonas afectadas luego de los terremotos de junio de 2026, con los estudios de microzonificación disponibles. También se muestra el modelo de ruptura de falla finita (FFM) del USGS. 137
Figura 6-2. Mapa de los períodos del sitio generado para Caracas con base en aproximadamente 2000 mediciones de HVSR. Modificado de Schmitz et al. (2020). 138
Figura 6-3. Mapa de profundidad de sedimentos generado para Caracas (FUNVISIS, s.f.) 138
Figura 6-4. $\boldsymbol{Vs30}$ Mapa generado para Caracas (FUNVISIS, s.f.) 139
Figura 6-5. Mapa de microzonificación sísmica de Caracas (FUNVISIS, s.f.) 140
Figura 6-6. Mapa de $\boldsymbol{Vs30}$ de los abanicos aluviales de Macuto, Caraballeda y Tanaguarena (adaptado de Romero et al., 2006). 141
Figura 6-7. Mapa de los periodos del sitio para los abanicos aluviales de Macuto, Caraballeda y Tanaguarena (adaptado de Romero et al., 2006). 141
Figura 6-8. Modelo de profundidad del basamento entre La Guaira y Tanaguarena (Romero et al., 2006). La escala de colores indica los intervalos 350-450 m, 250-350 m, 150-250 m, 50-150 m y 0-50 m (de arriba a abajo en la leyenda). 142
Figura 6-9. Mapa preliminar de microzonificación sísmica de Caraballeda (García et al., 2023) 143
Figura 6-10. $\boldsymbol{Vs30}$Mapas generados para la ciudad de Valencia (Mijares et al., 2021). (a) Mapa $\boldsymbol{Vs30}$ continuo y (b) mapa con clasificación de sitios sísmicos, según la norma venezolana COVENIN 1765. 143
Figura 6-11. Mapa integrado de Valencia (Gil, 2021).$\boldsymbol{Vs30}$ 144
Figura 6-12. Mapa de profundidad de sedimentos para Valencia (Gil, 2021). 145
Figura 6-13. Mapa de profundidad de sedimentos para Valencia (Gil, 2021). 146
Figura 6-14. Mapa del periodo del sitio para Valencia (Schmidtz et al., 2015). 146
Figura 6-15. Mapa del período del sitio para Maracay (Rojas, 2008). 147
La Figura 6-16. a) Mapa $\boldsymbol{Vs30}$ integrado para Maracay, y b) Mapa integrado de profundidad de sedimentos para Maracay (López, 2021). 148
Figura 6-17. Distribución espacial de las estaciones sísmicas de FUNVISIS. FFM = Modelo de Fallas Finitas del USGS. Nota: Las estaciones de FUNVISIS con registros indican aquellas que cuentan con registros confirmados a la fecha de publicación de este informe. 149
Figura 6-18. Distribución espacial de las estaciones de FUNVISIS para la medición de movimientos sísmicos fuertes (adaptado de FUNVISIS, 2023). FFM = Modelo de Fallas Finitas. 150

Figura 6-19. Distribución espacial de las estaciones sísmicas operativas durante los terremotos de San Felipe y Catia La Mar del 24 de junio de 2026 en un radio de 800 km. FFM = Modelo de Fallas Finitas del USGS. 151
Figura 6-20. Mapas de intensidad de Mercalli modificada (MMI) de los eventos (a) M7.2 y (b) M7.5. Obtenido del Servicio Geológico de los Estados Unidos, Programa de Peligros Sísmicos. 153
Figura 6-21. Mapas de aceleración máxima del suelo (PGA) de los eventos (a) M7.2 y (b) M7.5. Obtenido del Servicio Geológico de los Estados Unidos, Programa de Peligros Sísmicos. 154
Figura 6-22. Mapas de velocidad máxima del suelo (PGV) de los eventos (a) M7.2 y (b) M7.5. Obtenidos del Servicio Geológico de los Estados Unidos, Programa de Peligros Sísmicos. 154
Figura 6-23. Mapas de aceleración pseudoespectral (PSA) en T = 1.0 s de los eventos (a) M7.2 y (b) M7.5. Obtenidos del Servicio Geológico de los Estados Unidos, Programa de Peligros Sísmicos. 155
Figura 6-24. Mapas de aceleración pseudoespectral (PSA) a T = 3.0 s de los eventos (a) M7.2 y (b) M7.5. Obtenidos del Servicio Geológico de los Estados Unidos, Programa de Peligros Sísmicos. 155
Figura 6-25. Series temporales de aceleración de las estaciones ACPR, SDV y URI. 157
Figura 6-26. Series temporales de aceleración de las estaciones CRJC, GRGR y OCA. 158
Figura 6-27. Series temporales de aceleración de las estaciones SMAR, ARGC y FDFM. 158
Figura 6-28. Series temporales de aceleración de las estaciones RUS y SJC. 159
Figura 6-29. Espectros de respuesta de aceleración pseudoespectral (PSA) con amortiguación del 5% de las estaciones ACPR, SDV y URI. Tenga en cuenta que la escala del eje Y varía para cada estación. 161
Figura 6-30. Espectros de respuesta de aceleración pseudoespectral (PSA) con amortiguación del 5% de las estaciones CRJC, GRGR y OCA. Tenga en cuenta que la escala del eje Y varía para cada estación. 162
Figura 6-31. Espectros de respuesta de aceleración pseudoespectral (PSA) con amortiguación del 5 % de las estaciones SMAR, ARGC y FDFM. Tenga en cuenta que la escala del eje Y varía para cada estación. 162
Figura 6-32. Espectros de respuesta de aceleración pseudoespectral (PSA) con amortiguación del 5 % de las estaciones RUS y SJC. Tenga en cuenta que la escala del eje Y varía para cada estación. 163
Figura 6-33. (Izquierda) Parámetros físicos y (derecha) secciones transversales norte-sur de modelos 2D para el Valle de Caracas, del modelo A (arriba a la derecha) y del modelo B (abajo a la derecha) respectivamente. Modificado a partir de la Tabla 1, la Figura 3 y la Figura 9 en Papageorgiou y Kim (1991a). 165
Figura 6-34. Malla de elementos de contorno para una onda SH plana, a lo largo de un perfil norte-sur de Palos Grandes, Caracas. Modificado a partir de la Figura 1 en Semblat et al. (2002). 166
Figura 6-35. Comparación de los movimientos del suelo observados con las estimaciones del modelo BSSA14 GMM para condiciones de roca ($\boldsymbol{Vs30}$ = 760 m/s) y suelo ($\boldsymbol{Vs30}$= 300 m/s). 169
Figura 6-36. Comparación de los movimientos del suelo observados con las estimaciones del modelo GMM CB14 para condiciones de roca ($\boldsymbol{Vs30}$= 760 m/s) y suelo ($\boldsymbol{Vs30}$= 300 m/s). 170

Figura 6-37. Comparación de los movimientos del suelo observados con las estimaciones del modelo GMM ASK14 para condiciones de roca ($\boldsymbol{Vs30}$= 760 m/s) y suelo ($\boldsymbol{Vs30}$= 300 m/s). 171
Figura 6-38. Comparación de los movimientos del suelo observados con las estimaciones del modelo GMM CY14 para condiciones de roca ($\boldsymbol{Vs30}$= 760 m/s) y suelo ($\boldsymbol{Vs30}$= 300 m/s).... 172
Figura 6-39. Patrón de daños observado en el terremoto de Caracas de 1967 (Seed et al., 1972). 173
Figura 6-40. Intensidad del daño estructural en función de la profundidad del sedimento o del período fundamental del sitio para el terremoto de Caracas de 1967 (Seed et al., 1972)..... 174
Figura 6-41. Mapa del espesor de los sedimentos (FUNVISIS, s.f.) y ubicación de los edificios dañados en Caracas. 177
Figura 6-42. Mapa del período fundamental (Schmitz et al., 2020) y ubicación de los edificios dañados en Caracas. Se han detectado algunas dificultades al georreferenciar el mapa original del período fundamental, las cuales se están evaluando actualmente..... 177
Figura 6-43. Microzonas y ubicación de edificios dañados en Caracas. Microzonas basadas en VS30, espesor de sedimento y PSA(g) para T = 0,01 y 1s en edificios estándar A0/A1 (FUNVISIS, s.f.). 178
Figura 7-1. Imágenes aéreas posteriores al terremoto. Las zonas punteadas representan la nubosidad. 186
Figura 7-2. Partición geomorfológica de la deformación del terreno cartografiada a lo largo del corredor de La Guaira. Falla de Bruscas digitalizada a partir de Weisbord (1957)..... 189
Figura 8-1. ESA – Desplazamiento de la línea de visión (LOS) de Copernicus. Fuente: https://mapping.emergency.copernicus.eu/activations/EMSR884/download 191
Figura 8-2. Mapa de desplazamiento de superficie de la NASA (NISAR) en línea de visión (LOS): trayectorias ascendentes entre el 13 de junio de 2026 y el 25 de junio de 2026 (A162) y entre el 19 de junio de 2026 y el 30 de junio de 2026 (A61). Desplazamiento de la LOS en cm. Fuente: https://gis.earthdata.nasa.gov/portal/home/item.html?id=9244f7b07fa64d45ae7cb66c34d1696a 191
Figura 8-3. Curvas de nivel de PGA del USGS y modelo de falla finita. Fuente: https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us6000t7zp/finite-fault 192
Figura 8-4. Desplazamiento en puntos de interés modelado por SIGGMA. Fuente: Preliminary GNSS+DInSAR Evidence of Coseismic Deformation in Venezuela Associated with the June 24, 2026 Earthquakes - SIGGMA..... 193
Figura 8-5. Campos de desplazamiento superficial de Catia La Mar, descompuestos en componentes norte-sur (azul y rojo, respectivamente) y este-oeste (azul y rojo, respectivamente), comparando imágenes satelitales ópticas entre el 5 de abril de 2026 y el 26 de junio de 2026. Fuente: https://www.sciencebase.gov/catalog/item/6a4402c81ba49b97f88a8889 194
Figura 8 -6. Campos de desplazamiento de la superficie del aeropuerto de Maiquetía, descompuestos en componentes norte-sur y este-oeste, comparando imágenes satelitales ópticas entre el 5 de abril de 2026 y el 26 de junio de 2026. Fuente: https://www.sciencebase.gov/catalog/item/6a4402c81ba49b97f88a8889 195
Figura 8-7. Campos de desplazamiento superficial de Caraballeda, descompuestos en componentes norte-sur y este-oeste, comparando imágenes satelitales ópticas entre el 5 de abril de 2026 y el 26 de junio de 2026. Fuente: https://www.sciencebase.gov/catalog/item/6a4402c81ba49b97f88a8889 196

Figura 8-8. Campos de desplazamiento superficial de Naiguatá, descompuestos en componentes norte-sur y este-oeste, comparando imágenes satelitales ópticas entre el 5 de abril de 2026 y el 26 de junio de 2026. Fuente: https://www.sciencebase.gov/catalog/item/6a4402c81ba49b97f88a8889 197
Figura 8-9. Campos de desplazamiento superficial este-oeste del USGS de Catia La Mar (arriba) y Caraballeda (abajo), con características de ruptura del terreno superpuestas (en rojo). 198
Figura 8 -10. Maiquetía: 67.0137992°O 10.6041824°N. Se observan fracturas en la calzada al oeste de la pista del aeropuerto. Estas fracturas discurren paralelas a la falla de Bruscas y muy cerca de ella (Weisbord, 1957). Imágenes aéreas de Vantor y Drone Pixel. 199
Figura 8 -11. Aeropuerto de Maiquetía: 67.0070831°O 10.6040419°N. Se observan fracturas en la pista norte del aeropuerto. Fotografías obtenidas de publicaciones en redes sociales de Tele Sur TV e imágenes aéreas de Vantor. Esta fractura es pseudoparalela y próxima a la falla de Bruscas (Weisbord, 1957). 200
Figura 8 -12. Aeropuerto de Maiquetía: 67.0039414°O 10.6046294°N. Se observan fracturas al norte de la pista del aeropuerto. Estas fracturas discurren pseudoparalelas a la falla de Bruscas y muy cerca de ella (Weisbord, 1957). Imágenes aéreas de Vantor. 201
Figura 8 -13. Aeropuerto de Maiquetía: 66.9943662°O 10.6026870°N. Las fracturas visibles en la pista, con filtraciones aparentes, sugieren la posible presencia de un nivel freático poco profundo en este lugar. Estas discurren pseudoparalelas a la falla de Bruscas. Imágenes aéreas de Vantor. 202
Figura 8 -14. Maiquetía: 66.9911560°O 10.6063107°N. Se observan fracturas al norte de la pista del aeropuerto. Estas fracturas discurren paralelas a la falla de Bruscas o muy cerca de ella (Weisbord, 1957). Imágenes aéreas de Vantor y Drone Pixel. 203
Figura 8-15. Maiquetía: 66.9808956°O 10.6078731°N. Se observan fracturas al noreste de la pista del aeropuerto. Estas fracturas se encuentran muy cerca de la falla de Bruscas (Weisbord, 1957). La zona más oriental (imagen inferior derecha) podría estar asociada con expansión lateral. Imágenes aéreas de Vantor y Drone Pixel. 204
Figura 8-16. Maiquetía: 66.9682377°W 10.6054840°N. Se observa fractura en Avenida Bicentenario. Esta fractura se encuentra muy cerca de la falla de Bruscas. Imágenes aéreas de Vantor. 205
Figura 8-17. Caraballeda: 66.8573623°O 10.6185046°N Patrón lineal de fracturas a lo largo de una longitud aproximada de 350 m. La mayor parte de la deformación se concentra en una franja de 10 metros de ancho. También se observan filtraciones y emanaciones de arena. Aunque estas características pueden estar asociadas con expansión lateral, la alineación de las fracturas se encuentra muy cerca de la traza de desplazamiento lateral del USGS representada por el polígono rojo discontinuo. La imagen aérea superior es de Vantor y las dos imágenes aéreas inferiores son cortesía de Drone Pixel. 206
Figura 8-18. Caraballeda: 66.8454351°O 10.6194776°N. Un conjunto de 8 a 10 grietas paralelas posiblemente asociadas con la ruptura cosísmica del terreno según su proximidad a la traza de falla de desplazamiento mapeada por el USGS y su patrón de deformación distintivo. Sin embargo, al finalizar este informe no se pudieron descartar las fracturas del terreno relacionadas con la licuación. Imágenes aéreas de Vantor y Drone SIGIS. 207
Figura 8-19. Caraballeda: 66.8411222°O 10.6195982°N. Patrón lineal de deformación del terreno con grietas muy próximas entre sí, interpretado como una posible ruptura cosísmica del terreno en función de su proximidad a la traza de la falla de desplazamiento del USGS y sus

características de deformación, que difieren de las de las grietas del terreno cercanas relacionadas con la licuación. Alternativamente, estas grietas podrían estar asociadas con la expansión lateral. Imágenes aéreas de Vantor y Drone Pixel. 208
Figura 9-1. Mapa geoespacial del riesgo de licuación para el centro-norte de Venezuela; el azul indica una mayor probabilidad de licuación y el marrón una menor. Modelo de Zhu et al. (2017) 214
Figura 9-2. Manifestación superficial de la licuación. Los polígonos azules representan volcanes de arena, grietas en el suelo o subsidencia (sin expansión lateral), mientras que los polígonos morados representan características de desprendimiento lateral cartografiadas por el equipo remoto de GEER, que combina imágenes satelitales y de drones anteriores y posteriores al terremoto. Los puntos verdes son observaciones de campo (véase la Tabla 9-4). 214
Figura 9-3. Distribución regional de las evidencias de licuación informadas en relación con los epicentros del 24 de junio de 2026. En este capítulo se analizan tres clústeres: el corredor costero de La Guaira (detalles en la Tabla 9-2), el valle del río Yaracuy cerca del epicentro del terremoto de San Felipe y la costa central entre Morón/Puerto Cabello y Boca de Aroa. 215
Figura 9-4. Evidencia de expansión lateral, grietas de tensión, subsidencia y volcanes de arena cerca de Playa Candilejas (66.9993614°O 10.6112343°N). Imágenes aéreas de Vantor. 217
Figura 9-5. En el campo de fútbol de El Ceibo se observaron volcanes de arena y posibles filtraciones, y en la costa adyacente se observó una expansión lateral. (66.8913490°O 10.6098202°N). Imágenes aéreas de Vantor. 218
Figura 9-6. Evidencia de expansión lateral, grietas de tensión y filtraciones en Playa Ali Baba (66.8648683°O 10.6124094°N). Imágenes aéreas de Vantor e imágenes de dron (abajo) de SIGIS Venezuela. 219
Figura 9-7. Alta concentración de evidencia de licuación a lo largo del frente costero de Caraballeda. (66.8487832°O 10.6194321°N). Imágenes aéreas de Vantor e imágenes de dron (abajo) de SIGIS Venezuela. 220
Figura 9-8. Playa El Yate, Caraballeda (10.619667°, -66.848800°): Relleno costero detrás de un montículo de escombros en el frente costero de Caraballeda, que muestra grietas generalizadas paralelas a la costa; (a) contexto del sitio; (b, c) vistas de la superficie del relleno agrietado. Fotografías cortesía de Sociedad Venezolana de Geotecnia. 224
Figura 9-9. Playa Grande Yachting Club, Catia La Mar (10.612361°, –67.017788°): (a) ruptura y desplazamiento hacia el mar del acceso pavimentado a lo largo del borde de la dársena; (b) canchas de tenis agrietadas y levantadas, con cercas desalineadas; imágenes satelitales de Vantor c) antes y d) después de los terremotos. Fotografías cortesía del equipo de campo de GEER... 225
Figura 9-10. Marina Deportiva, Catia La Mar (10.614745°, –67.016373°): (a) desplazamiento del borde del muelle y conexiones del pontón; (b) agrietamiento de la superficie pavimentada del muelle que se extiende subparalelo a la dársena; (c) ubicación en imágenes aéreas previas al evento (Google Earth, 8 de mayo de 2026). Fotografías cortesía del equipo de campo de GEER. 226
Figura 9-11. Marina de Caraballeda (10.616464°, –66.840234°): (a, b) agrietamiento severo, rotación de bloques y asentamiento de la superficie de la carretera y del relleno adyacente a la dársena, con anchos de grieta de varios cientos de milímetros; (c) ubicación en imágenes aéreas previas al evento (Google Earth, 13 de mayo de 2024). Fotografías cortesía de R. Mata, E. Núñez et al., 14 de julio de 2026. 227

Figura 9-12. Desprendimiento lateral a lo largo de la Av. José María España en la esquina este del centro comercial Doña Bárbara, Caraballeda (10.619014°, –66.851115°): (a) sitio en imágenes aéreas previas al evento (Google Earth, 13 de mayo de 2024); (b) la avenida antes de los terremotos, en dirección al oeste; (c) la misma vista después de los terremotos, mostrando la rotura del pavimento y los brocales desplazados. Fuente: SVDG 228
Figura 9-13. Grietas en el suelo a unos 225 m tierra adentro de la costa de Caraballeda (10.619065°, –66.850753°): (a) ubicación en imágenes satelitales posteriores al evento (Vantor); (b) grieta en el suelo de este a oeste en dirección al sur hacia el Centro Comercial IP5 demolido; (c) daños extensos en el suelo e inclinación de las cercas adyacentes; (d) ancho de grieta medido de 160 mm; e) levantamiento del área circundante con dron (SiGIS Venezuela). Imágenes tomadas el 19 de julio de 2026. 229
Figura 9-14. Puente Macuto–Caraballeda sobre el Río Camurí Chico (10.611552°, –66.870685°): (a) desplazamientos laterales observados en los estribos, con aparente desplazamiento de la estructura al norte hacia el mar; (b) desplazamiento medido de 160 mm en el borde sur del estribo oriental con respecto a la acera; (c) levantamiento del área circundante con dron (SiGIS Venezuela). Fotografías tomadas el 19 de julio de 2026. 230
Figura 9-15. Los Corales, Caraballeda (10.616146°, –66.856982°): (a) asentamiento del terreno circundante en relación con un edificio de una sola planta; (b) asentamiento diferencial medido de 205 mm, observado solo en la esquina suroeste. Fotografías de E. Toro, 14 de julio de 2026. 231
Figura 9-16. Terminal Catia La Mar (10.600856°, –67.040550°): (a–d) daños documentados el 10 de julio de 2026, incluyendo separación en las losas del estacionamiento, que se desplazaron aproximadamente 270 mm; (e) sitio en imágenes aéreas previas al evento (Google Earth, 21 de diciembre de 2025). Fotografías cortesía de E. Núñez, R. Mata et al. 232
Figura 9-17. Pueblo Ferriar, Yaracuy (10.465698°, –68.561734°): (a) fisura paralela al río que se extiende aproximadamente 380 m, ubicada como máximo a unos 3 m del canal y aproximadamente a 4 km del epicentro de M7.5; (b) sitio en imágenes aéreas previas al evento (Google Earth, 21 de octubre de 2023). Fotografía cortesía de R. Mata, E. Núñez et al., 12 de julio de 2026. 233
Figura 9-18. Fisuras en el suelo de tierras aluviales cultivadas, municipio Veroes, Yaracuy, en la zona epicentral del terremoto de magnitud 7.2: (a) fisura abierta profunda con paredes casi verticales; (b, c) sistema de fisuras que se extiende continuamente a través de los campos, con residentes locales para referencia de escala. Fotogramas extraídos de videos públicos de redes sociales (usuarios de TikTok @edgarjaviercast42 y @notiyaradigital); aún no se han determinado las ubicaciones exactas. 234
Figura 9-19. Costa central al este de Puerto Cabello (aproximadamente 10.493206°, –67.743070°): (a, b) agrietamiento de la playa y de la faja costera posterior paralela a la costa, detrás de un muro de contención; (c) sitio en imágenes aéreas previas al evento (Google Earth, 7 de diciembre de 2024). Imágenes procedentes de redes sociales, geolocalizadas por el equipo de reconocimiento. 235
Figura 9-20. Investigación geotécnica de campo en el Urbanismo Hugo Chávez, Catia La Mar (aproximadamente 10.607685°, –67.023763°): (a) distribución de los puntos de investigación de SPT en todo el desarrollo; (b–d) operaciones de perforación y de la prueba de penetración estándar en el sitio. Se incorporarán los registros y los recuentos de golpes. Fotografías cortesía de L. Fargier et al. 238

Figura 10-1. Áreas revisadas (A y B, líneas continuas) y áreas de interés por actividad de deslizamientos de tierra (líneas discontinuas). Coloración de fondo a partir de las probabilidades del modelo de deslizamientos de tierra del USGS (Nowicki Jessee et al., 2018) con una resolución de ~250 m. El color azul indica menor susceptibilidad a los deslizamientos y el color rojo indica mayor susceptibilidad. 241
Figura 10-2. Evaluación de la extensión y gravedad de deslizamientos de tierra mediante imágenes del USGS (al 01/07/26, 4:30 PM MDT), pendiente por verificar. El color se basa en la evaluación remota del USGS. El impacto del deslizamiento de tierra se clasifica como "Desconocido" (amarillo), "Menor o nulo" (verde), "Localizado" (naranja) o “Importante o extendido" (púrpura). Las zonas donde la carretera se ve afectada por deslizamientos de tierra están delimitadas en gris (“posiblemente” afectadas) y en negro (“sí”, afectadas). Los posibles puntos de obstrucción en carretera están representados por un punto rojo. Cada recuadro es una celda de cuadrícula de 2.5 km x 2.5 km. Las celdas de la cuadrícula que no tienen un color indicado aún no se han evaluado. Recuperado de https://www.usgs.gov/programs/landslide-hazards/science/2026-venezuela-sequence-earthquake-triggered-landslide-hazards el 27 de julio de 2026. 242
Figura 10-3. Deslizamientos de tierra cartografiados identificados a partir de imágenes satelitales en las áreas A y B. Color de fondo según las probabilidades del modelo de deslizamientos de tierra del USGS (Nowicki Jessee et al., 2018) con una resolución de ~250 m. El color azul indica menor susceptibilidad y el color rojo indica mayor susceptibilidad. Los puntos magenta indican la ubicación de los deslizamientos de tierra provocados por el terremoto del 24 de junio, según los mapas elaborados por el equipo GEER a partir de imágenes satelitales tomadas antes y después del sismo. 243
Figura 10-4. Área de ejemplo (10.5824865°, −67.0005823°) con numerosos deslizamientos observables en las imágenes posteriores al terremoto que también son visibles en las imágenes anteriores al terremoto. Los deslizamientos de tierra preexistentes no se cartografiaron a menos que se observaran indicios de reactivación. Imágenes aéreas de Vantor. 244
Figura 10-5. Recuento de deslizamientos de tierra observados en las áreas de imágenes A y B según la orientación de la ladera. Los colores indican el ángulo máximo de la ladera calculado en base a un modelo de elevación digital con una resolución de 30 metros. La tendencia hacia el este refleja un efecto de asimetría. La tendencia hacia el norte refleja la posición de la Cordillera de la Costa en relación con la falla. 245
Figura 10-6. Ejemplo de los impactos causados por aludes torrenciales de diciembre de 1999, que muestra específicamente los sedimentos depositados a lo largo de los abanicos aluviales alrededor de Caraballeda. Fuente: Cartografía Nacional mosaicos de fotografías aéreas proporcionadas por el Instituto de Mecánica de Fluidos de la Universidad Central de Venezuela (IMF-UCV). 247
Figura 10-7. Imágenes satelitales que comparan las condiciones previas (arriba) y posteriores (abajo) al evento de aludes torrenciales de diciembre de 1999, mostrando las cicatrices generadas por deslizamientos de tierra y eliminación de vegetación en las laderas de la montaña, desde la cuenca de Alcantarilla en el oeste hasta la cuenca de Anare en el este. Fuente: Imágenes satelitales proporcionadas por el Instituto de Mecánica de Fluidos de la Universidad Central de Venezuela (IMF-UCV). 248
Figura 10-8. Intersección de las estructuras afectadas durante los terremotos del 24 de junio de 2026 (crisisvenezuela.org, consultado por última vez el 30 de junio de 2026) con los depósitos de

sedimentos cartografiados tras los aludes torrenciales de diciembre de 1999. La extensión de los depósitos de sedimentos se recopiló de Wieczorek et al. (2001), mapas de JICA citados en Proyecto Ávila (FMI-UCV, 2002), y mosaicos de fotografías aéreas de Cartografía Nacional de diciembre de 1999 proporcionados por FMI-UCV..... 250
Figura 10-9. Cambios en la línea costera asociados con la deposición de sedimentos tras los aludes torrenciales de 1999, mostrando las estructuras afectadas por el terremoto del 24 de junio de 2026 (crisisvenezuela.org, último acceso el 30 de junio de 2026) en el área que rodea el Aeropuerto Internacional de Maiquetía Simón Bolívar. La línea costera anterior a 1999 corresponde a la línea costera basada en el año 1998, y la línea costera posterior a 1999 corresponde a la línea costera basada en el año 2000..... 254
Figura 10-10. Cambios en la línea costera asociados con la deposición de sedimentos tras los aludes torrenciales de 1999, mostrando las estructuras afectadas por el terremoto del 24 de junio de 2026 (crisisvenezuela.org, último acceso el 30 de junio de 2026) en el área que rodea Caraballeda. La línea costera anterior a 1999 corresponde a la línea costera basada en el año 1998, y la línea costera posterior a 1999 corresponde a la línea costera basada en el año 2000. 255
Figura 10-11. Intersección de las zonas afectadas por los terremotos del 24 de junio de 2026 (crisisvenezuela.org, consultado por última vez el 30 de junio de 2026) con zonas de riesgo de flujos de detritos. Los mapas originales de riesgo de flujos de detritos se elaboraron en el marco del Proyecto Ávila (IMF-UCV, 2002). La figura muestra el mapa de riesgo elevado de flujos de detritos; no incluye las zonas de riesgo medio o bajo. Para las cuencas de Mamo, La Zorra, Tacagua, Piedra Azul, Alcantarilla, San José de Galipán (Macuto), Quebrada Seca, y Cerro Grande, se utilizaron mapas actualizados de peligro de flujo de escombros que incorporan la influencia de las presas de control de sedimentos (Courtel et al., 2021). 259
Figura 10-12. Las cuencas hidrográficas (en color púrpura) se delimitaron manualmente mediante una evaluación geomorfológica de los flancos norte y sur de la montaña El Ávila. Los posibles deslizamientos de tierra cosísmicos (en azul) se cartografiaron como nuevas anomalías en la pendiente detectadas al comparar imágenes aéreas anteriores y posteriores al terremoto. Nota: Los límites de las cuencas hidrográficas del sur están truncados (líneas discontinuas) en la falda sur de la montaña El Ávila y no abarcan las cuencas de Caracas. 261
Figura 10-13. Deslizamiento de tierra que afecta la carretera de acceso secundaria en la cuenca hidrográfica hacia Maiquetía (66.9712359°O, 10.5703273°N). Imágenes aéreas de Vantor..... 263
Figura 10-14. Deslizamiento de tierra, incluyendo cierta reactivación, con posibles impactos en la Carretera Vieja de La Guaira (antigua carretera a La Guaira) y en la parte alta de la entrada sur del túnel Boquerón 1 (67.0015900°O, 10.5616871°N). Imágenes aéreas de Vantor. 264
Figura 10-15. Deslizamientos de tierra que afectan aproximadamente a 400 metros de la carretera a Puerto Cruz. (67.337402 O, 10.529022 N). Imágenes aéreas de la escena 26JUN25142038-S2AS-200013362902_01_P001 de Maxar WorldView-2. 265
Figura 10-16. Deslizamientos entre las residencias de Hugo Chávez y el río Tacagua. Los contornos de los deslizamientos de tierra representados en el mapa están indicados con líneas discontinuas de color púrpura. Las grietas de tensión y los escarpes de cabecera están indicados en verde, y el ancho de la calzada utilizable (reducido de dos a un carril debido a los impactos de los deslizamientos de tierra) a lo largo de Vía Alterna Playa Grande está indicado en cian. (67.0251448°W, 10.6048289°N). Imágenes aéreas de Vantor..... 266
Figura 10-17. Deslizamientos al sur de las residencias Hugo Chávez y la Avenida A. En las dos áreas ampliadas etiquetadas como 1 y 2, se muestran las imágenes posteriores al terremoto con y

sin las marcas de las grietas que se muestran en verde. (67.0202560°W, 10.6051444°N). Imágenes aéreas de Vantor. 267
Figura 10-18. Deslizamientos de tierra con escombros liberados detrás (Diapositiva 3) y delante (Diapositivas 1 y 2) de la presa de retención de Cerro Grande. En las diapositivas 2 y 3 se aprecian fallos superficiales. El afloramiento expuesto en la diapositiva 3 muestra una mezcla de material recientemente removido y superficie erosionada (previamente expuesta). La parte visible de la diapositiva 2 parece haber sido expuesta recientemente. Fotografía cortesía de Pascual Perazzo. (66.81881 O, 10.598951 N). 268
Figura 10-19. Los suelos desplazados fluyen hacia el río Naiguatá, con una acumulación significativa inmediatamente aguas abajo de la presa de retención. Los deslizamientos se muestran con líneas discontinuas de color púrpura. Cuenca hidrográfica hacia Naiguatá (66.7441971°O, 10.6022971°N). Imágenes aéreas de Vantor. 269
Figura 10-20. Nuevos deslizamientos y otros reactivados se dirigen hacia el río San Julián. Obsérvese la distorsión de la imagen posterior al terremoto. Los deslizamientos de tierra se muestran con líneas discontinuas de color púrpura. Cuenca hidrográfica hacia Caraballeda (66.8480896°O, 10.5910641°N). Imágenes aéreas de Vantor. 270
Figura 10-21. Deslizamiento de tierra en los bordes de una formación geológica existente que puede ser un deslizamiento traslacional coherente histórico. La fuga de material derivada de la actividad visible afecta a Quebrada Tacagua. Determinar si el desplazamiento en una superficie de deslizamiento coherente más profunda se movilizó (o removilizó) es de interés para futuras investigaciones y para comprender el potencial de formación de presas por deslizamientos de tierra en Quebrada Tacagua. Vista topográfica de Esri World Hillshade e imágenes aéreas de Vantor. (67.008121 O, 10.570883 N). 271
Figura 10-22. Ejemplo típico de deslizamientos superficiales distribuidos en una amplia zona geográfica en el Área B. Muchos deslizamientos impactan el arroyo en el fondo de la cuenca (aguas abajo de la curva del meandro abandonado). Cuenca hidrográfica hacia Puerto Cruz. (67.344641 O, 10.506438 N). Imágenes aéreas de la escena 26JUN25142038-S2AS-200013362902_01_P001 de Maxar WorldView-2. 272
Figura 10-23. Esta diapositiva es una reactivación. Se observa una expansión del escarpe de la cabezera del deslizamiento, y la distribución del color en la superficie de la diapositiva evidencia la salida de material fresco. También es un ejemplo de los deslizamientos típicos de la Cordillera de la Costa: poco profundos y con una gran alteración del terreno. Verificado sobre el terreno por el equipo de campo de GEER, Fase III, el 20 de julio de 2026 (fotografía abajo a la derecha). Tanaguarena (67.0236126°W, 10.6126782°N). Imágenes aéreas de Vantor. 273
Figura 10-24. Los nuevos deslizamientos y los que se han reactivado se dirigen hacia el río San Julián, delimitados con líneas discontinuas de color púrpura. Cuenca hidrográfica hacia Caraballeda (66.8500742°O, 10.5577138°N). Imágenes aéreas de Vantor. 274
Figura 10-25. Deslizamientos de tierra visibles desde Chacao en Caracas. (66.869378 O, 10.536159 N). Foto proporcionada por el Ing. Carlos Arcay Iturriza. 275
Figura 11-1. Banco de Venezuela, Playa Escondida, Caraballeda: (a) Antes de los terremotos, de Google Earth; (b) Después de los terremotos, fotografía cortesía de Francisco Pinto et al.; (c) Imagen aérea de Google Earth con fecha del 13 de mayo de 2024 (coordenadas del marcador; 10.6158426°, -66.8441623°). 282

Figura 11-2. Edificio Pleamar, Playa Escondida, Caraballeda: (a) Después de los terremotos, fotografía cortesía de Francisco Pinto et al.; (b) Imágenes aéreas de Google Earth del 13 de mayo de 2024 (coordenadas del marcador; 10.6128052°, -66.8244692°). 283
Figura 11-3. Edificio Remanso II, Playa Escondida, Caraballeda: (a) Después de los terremotos, fotografía cortesía de Francisco Pinto et al.; (b) Imagen aérea de Google Earth con fecha del 13 de mayo de 2024 (coordenadas del marcador; 10.6128236°, -66.8248012°)..... 284
Figura 11-4. Residencias Caribemar, Playa Escondida, Caraballeda: (a,b) Después de los terremotos, fotografías cortesía de Francisco Pinto et al.; (c) Imágenes aéreas de Google Earth del 13 de mayo de 2024 (coordenadas del marcador; 10.6130375°, -66.8238775°)..... 285
Figura 11-5. Residencias San Jorge, Playa Escondida, Caraballeda: (a) Antes de los terremotos, de Google Earth; (b) Después de los terremotos, fotografía cortesía de Francisco Pinto et al.; (c) Imagen aérea de Google Earth con fecha del 13 de mayo de 2024 (coordenadas del marcador; 10.6120512°, -66.8249326°)..... 286
Figura 11-6. En las inmediaciones del Bistro 031, Caraballeda, La Guaira: (a,b) Después de los terremotos, fotografías cortesía de Francisco Pinto et al.; (c) Imágenes aéreas de Google Earth con fecha del 13 de mayo de 2024 (coordenadas aproximadas; 10.6181266°, -66.8481853°).. 287
Figura 11-7. Hospital Dr. Francisco A. Risquez, Caracas: (a,b) Después de los terremotos, fotografías cortesía de Javier García et al. (vista exterior); (c) Imágenes aéreas de Google Earth con fecha del 21 de diciembre de 2025 (coordenadas del marcador; 10.5159638°, -66.9054790°). 288
Figura 11-8. Hospital Dr. Francisco A. Risquez, Caracas: (a-d) Después de los terremotos, fotografías cortesía de Javier García et al. (vista interior)..... 289
Figura 11-9. Residencias Sol Marino Garden, Catia La Mar, La Guaira: (a) Después de los terremotos, fotografía cortesía de Javier García et al.; (b) Imagen aérea de Google Earth con fecha del 8 de mayo de 2026 (coordenadas del marcador; 10.6085261°, -67.0143629°). 290
Figura 11-10. Residencias Don Peppino, Los Corales, La Guaira: (a) Antes de los terremotos, de Google Earth; (b) Después de los terremotos, fotografía cortesía de Carlos Arcay Iturriza et al.; (b) Imagen aérea de Google Earth con fecha del 13 de mayo de 2024 (coordenadas del marcador; 10.6180597°, -66.8567721°)..... 291
Figura 11-11. Residencias Costa Azul, Los Corales, La Guaira: (a) Antes de los terremotos, de Google Earth; (b) Después de los terremotos, fotografía cortesía de Carlos Arcay Iturriza et al.; (c) Imagen aérea de Google Earth con fecha del 13 de mayo de 2024 (coordenadas del marcador; 10.6179687°, -66.8564707°)..... 292
Figura 11-12. Centro Comercial IP5, Caraballeda, La Guaira: (a) Antes de los terremotos, de Google Earth; (b) Después de los terremotos, fotografía cortesía de Carlos Arcay Iturriza et al.; (c) Imagen aérea de Google Earth con fecha del 13 de mayo de 2024 (coordenadas del marcador; 10.6183576°, -66.8507656°)..... 293
Figura 11-13. Edificio Costa Bella, Caraballeda, La Guaira: (a-c) Después de los terremotos, fotografías cortesía de Javier García et al.; (d) Imágenes aéreas de Google Earth con fecha del 13 de mayo de 2024 (coordenadas del marcador: 10.6176043°, -66.8507197°)..... 294
Figura 11-14. Terminal Catia La Mar, La Guaira: (a-d) Después de los terremotos, fotografías cortesía de Eduardo Núñez, Ramon Mata et al.; (b) Imágenes aéreas de Google Earth con fecha del 21 de diciembre de 2025 (coordenadas del marcador; 10.600856°, -67.040550°)..... 295
Figura 11-15. Hospital San José, Maiquetía, La Guaira: (a-f) Después de los terremotos, fotografías cortesía de Gustavo Iribarren et al. (vista interior); (g) Imágenes aéreas de Google

Earth con fecha del 8 de mayo de 2026 (coordenadas del marcador; 10.5958047°, -66.9571705°). 296
Figura 11-16. Pueblo Ferriar, Yaracuy: (a) Después de los terremotos, fotografía cortesía de Ramon Mata, Eduardo Núñez et al.; (b) Imagen aérea de Google Earth con fecha del 21 de octubre de 2023 (coordenadas del marcador; 10.465698°, -68.561734°). 297
Figura 11-17. Marina de Caraballeda, Caraballeda, La Guaira: (a) Después de los terremotos, fotografía cortesía de Ramon Mata, Eduardo Núñez et al.; (b) Imagen aérea de Google Earth con fecha del 13 de mayo de 2024 (coordenadas del marcador; 10.616464°, -66.840234°). 298
Figura 11-18. Residencia Torre Marina, Playa Grande, Catia La Mar: (a-c) Después de los terremotos, fotografías cortesía de Luis Fargier et al.; (d) Imágenes aéreas de Google Earth con fecha del 8 de mayo de 2026 (coordenadas del marcador; 10.611680°, -67.018608°; 10.612796°, -67.018606°; 10.611117°, -67.019162°)..... 300
Figura 11-19. Urbanismo Hugo Chávez, Catia La Mar, La Guaira: (a-g) Después de los terremotos, fotografías cortesía de Luis Fargier et al.; (d) Imágenes aéreas de Google Earth del 8 de mayo de 2026 (coordenadas del urbanismo; 10.607224°, -67.023786°)..... 302
Figura 11-20. Edificio Auromar, Caraballeda, La Guaira: (a,b) Antes de los terremotos (c) Imágenes aéreas de Google Earth con fecha del 13 de mayo de 2024 (coordenadas del marcador; 10.6147290°, -66.8363246°)..... 303
Figura 11-21 Edificio Auromar, Caraballeda, La Guaira: (a-d) Después de los terremotos, fotografías cortesía de Luis Fargier (vista exterior) (coords.; 10.6147290°, -66.8363246°)..... 304
Figura 11-22. Edificio Auromar, Caraballeda, La Guaira: (a-c) Después de los terremotos, fotografías cortesía de Luis Fargier (vista interior) (coordenadas del marecador; 10.6147290°, -66.8363246°)..... 304
Figura 11-23. Avenida José María España, Caraballeda, La Guaira: (a,b) Después de los terremotos, fotografías cortesía de Luis Fargier; (c) Imágenes aéreas de Google Earth del 13 de mayo de 2024 (coordenadas del marcador; a: 10.618889°, -66.850278°; b: 10,618333 °, -66,855556 °)..... 305
Figura 11-24. Blvr. Niza, Caraballeda, La Guaira: (a) Carretera gravemente dañada tras los terremotos, sin viviendas ni otras estructuras, construida en terrenos ganados al mar tras el flujo de escombros de 1999, fotografía cortesía de Luis Fargier; (b) Imagen aérea de Google Earth con fecha del 13 de mayo de 2024 (coordenadas del marcador; 10.616944°, -66.847778°). 306
Figura 11-25 Caracas: (a) Falla del muro de contención después de los terremotos, (b-c) muros que no fallaron, fotografías cortesía de Eduardo García; (d) Imagen aérea del caso (a) de Google Earth con fecha del 30 de enero de 2026; (e) Imagen aérea del caso (b) de Google Earth con fecha del 21 de diciembre de 2025 (coordenadas del marcador; a: 10.4032190°, -66.8807752°; otras referencias.; b: Avenida Baralt). 307
Figura 11-26 Mamo, La Guaira: (a-c) Evidencia de fisuras en el suelo después de los terremotos, fotografías cortesía de Gustavo Iribarren; (d) Imágenes aéreas de Google Earth con fecha del 21 de diciembre de 2025 (coordenadas del marcador; 10.594722°, -67.042222°)..... 308
Figura 11-27. Carretera El Junquito-Colonia Tovar, frontera entre La Guaira y Caracas: (a,b) Fallas de taludes localizadas a lo largo de la carretera tras los terremotos, fotografías cortesía de Gustavo Iribarren; (d) Imágenes aéreas de Google Earth con fecha del 21 de diciembre de 2025 (coordenadas del marcador; a: 10.446667°, -67.144444°; b: 10,460000 °, -67,093333 °)..... 309
Figura 11-28. Bloque representativo del complejo (a) antes y (b) después de los terremotos, que muestra la cuadrícula regular de las unidades y el espaciado reducido dentro de cada fila.

Imágenes: Vantor (Maxar) Datos abiertos, CC BY-NC 4.0 (coordenadas GPS del centro del bloque: 10°36'24"N, 67°01'27"W). 310
Figura 11-29. Un único módulo visto desde la calle. Las dos alas y el tramo central retranqueado entre ellas dan lugar a la planta en forma de H que se puede ver desde arriba en la Figura 11-28, y las aberturas entre ellas son esquinas entrantes de un mismo edificio en lugar de huecos entre edificios separados. Un módulo vecino se encuentra a pocos metros de distancia, en el borde izquierdo del marco (coordenadas GPS: 10°36'27.6"N, 67°01'19.7"W). 311
Figura 11-30. Fotografías tomadas por miembros del equipo de campo de GEER que muestran el funcionamiento de los anclajes que conectan la losa de cimentación con el sistema de resistencia a fuerzas laterales en algunas de las unidades. 312
Figura 11-31. Estado de los daños en las unidades individuales sobre la imagen satelital posterior al terremoto. El derrumbe parece producirse en grupos que siguen las hileras: varias hileras se ven afectadas casi de extremo a extremo, mientras que las hileras adyacentes, a poco más de quince metros de distancia, presentan diferentes patrones de daños. Imagen base: Vantor (Maxar) Datos abiertos, CC BY-NC 4.0 (coordenadas GPS del área mostrada: 10°36'20"N a 10°36'30"N, 67°01'20"W a 67°01'35"W). 313
Figura 11-32. Una vivienda que perdió su planta baja. Los pisos superiores se derrumbaron sobre los escombros del piso inferior y permanecen prácticamente intactos, razón por la cual este fallo es difícil de apreciar en las imágenes verticales. Detrás de ella hay unidades del mismo tipo, y la unidad de la derecha ha perdido la esquina de su carcasa (coordenadas GPS: 10°36'23.7"N, 67°01'26.5"W). 314
Figura 11-33. Una unidad aparentemente del mismo tipo que la que se muestra en la Figura 11-31, pero ubicada a poca distancia, con su primer piso muy agrietado; sin embargo, sigue en pie. Los escombros de la izquierda pertenecen a la unidad derrumbada que se encuentra a su lado (coordenadas GPS: 10°36'23.9"N, 67°01'29.9"W). 315
Figura 11-34. Clasificación del sitio (MOP 1965) 317
Figura 11-35. Espectro de diseño (CONVENIN 1756-82) 319
Figura 11-36. Zonas sísmicas de acuerdo con la norma 1756-01 (COVENIN 1756-01) 320
Figura 11-37. Espectro de diseño (1756-01) 321
Figura 11-38. Clasificación del sitio (S1, S2 y S3), Código 1756-01 321
Figura 12-1. Ubicación de las presas dentro de las áreas con mayor PGA (fuente: https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us6000t7zp/shakemap/intensity). Los epicentros están marcados en rojo. 331
Figura 12-2. La presa de El Tablazo: Datos y recomendaciones de MGR Consultants (2004) preparados para Fonacit. 332
Figura 12-3. Presa de Pao La Balsa: Datos y recomendaciones de MGR Consultants (2004) preparados para Fonacit. 333
Figura 12-4. Presa de Petaquire: Datos y recomendaciones de MGR Consultants (2004) preparados para Fonacit. 334
Figura 12-5. Presa de Tule: Datos y recomendaciones de MGR Consultants (2004) preparados para Fonacit. 335
Figura 12-6. Presas de contención de escombros a lo largo del arroyo Macuto, cortesía de Perazzo (2026). 338
Figura 12-7. Dique de Macuto, cortesía de Perazzo (2026). 338
Figura 12-8. Presa de control de sedimentos cerca de Macuto, cortesía de Perazzo (2026). 339

Figura 12-9. Presa de control de sedimentos 1 a lo largo del arroyo San Julián, cortesía de Perazzo (2026). 339
Figura 12-10. Presa de control de sedimentos en el río Naiguatá, cortesía de Perazzo (2026). . 340
Figura 12-11. Operaciones de agregados de construcción aguas arriba de la presa de control de sedimentos en el río Naiguatá, cortesía de Perazzo (2026). 341
Figura 12-12. Toma de agua sumergida en Dique Toma, cortesía de Perazzo (2026). 342
Figura 12-13. Erosión y socavación del aliviadero en Dique Toma, cortesía de Perazzo (2026). 343
Figura 12-14. Daños en el revestimiento de hormigón cerca de la salida del río Naiguatá, cortesía de Perazzo (2026). 343
Figura 12-15. Daños en el revestimiento de hormigón cerca de la salida del río Naiguatá, cortesía de Perazzo (2026). 344
Figura 13-1. MenaLive publicó en X con el siguiente pie de foto: “Large oil leak at El Palito refinery after yesterday’s strong earthquakes in #Venezuela” [“Gran fuga de petróleo en la refinería de El Palito tras los fuertes terremotos de ayer en #Venezuela”] 348
Figura 13-2. Continúan las labores de restauración en el municipio de Páez para restablecer el suministro de agua a toda la comarca de Barlovento. 351
Figura 14-1. Probabilidades de mortalidad y pérdidas económicas según el sistema PAGER del USGS para el terremoto de magnitud 7.5 (cerca de Yumare), Venezuela. Obtenidos del Servicio Geológico de los Estados Unidos, Programa de Peligros Sísmicos. 357
Figura 14-2. Probabilidades de mortalidad y pérdidas económicas según el sistema PAGER del USGS para el terremoto de magnitud 7.2 (cerca de San Felipe), Venezuela. Obtenidos del Servicio Geológico de los Estados Unidos, Programa de Peligros Sísmicos. 358
Figura 14-3. Distribución espacial del promedio estimado de muertes por análisis GEM. 360
Figura 14-4. Distribución espacial del promedio estimado de edificios irreparables según el análisis GEM. 361
Figura 14-5. Agregación a nivel municipal de los daños directos modelados a edificios e infraestructura en el norte de Venezuela, basada en la estimación analítica de daños de la UNDRR (UNDRR, 2026, Figura 5). 362
Figura 14-6. Víctimas reportadas a lo largo del tiempo según los informes diarios de situación de la OCHA de la ONU, que citan cifras oficiales. 364
Figura 14-7. Poblaciones desplazadas reportadas a lo largo del tiempo según los informes diarios de situación de la Oficina de Coordinación de Asuntos Humanitarios de las Naciones Unidas (OCHA). 365
Figura 14-8. Población reportada en refugios temporales a lo largo del tiempo según los informes diarios de situación de la Oficina de Coordinación de Asuntos Humanitarios de las Naciones Unidas (OCHA), desglosados por estado. 365
Figura 14-9. Puesto sanitario provisional de la Cruz Roja en La Guaira, donde voluntarios y personal médico ofrecen consultas de emergencia y primeros auxilios a las personas afectadas por los terremotos. 369
Figura 14-10. Hospital Dr. Francisco A. Risquez (a) Antes de los terremotos de Periódico CiudadCCS, (b) después de los terremotos de las redes sociales, (c) Imágenes aéreas de Google Earth con fecha del 21 de diciembre de 2025 (10.51615922°, -66.90547798°). ii

Figura 14-11. Edificio San Judas Tadeo (a) – (c) Después de los terremotos de las redes sociales, (d) Imágenes aéreas de Google Earth con fecha del 3 de enero de 2026 (coordenadas: 10.48525157°, - 66.94035304°)..... iii
Figura 14-12. Edificio Obelisco (a) Antes de los terremotos de Google Earth, (b) – (c) después de los terremotos de las redes sociales, (d) Imágenes aéreas de Google Earth con fecha del 13 de mayo de 2024 (coordenadas: 10.49896165°, -66.84871364°)..... iv
Figura 14-13. Edificio Don Pepe (a) – (c) Después de los terremotos de las redes sociales, (d) Imágenes aéreas de Google Earth con fecha del 5 de mayo de 2024 (coordenadas: 10.492412°, -66.853523°)..... v
Figura 14-14. Edificio BanCaribe (a) Antes de los terremotos de Google Earth, (b) después de los terremotos de las redes sociales, (c) Imágenes aéreas de Google Earth con fecha del 13 de mayo de 2024 (coordenadas: 10.5001565°, -66.8496062°)..... vi
Figura 14-15. Bloque 5 Pinto de Salinas (a) – (c) Después de los terremotos de las redes sociales, (d) Imágenes aéreas de Google Earth con fecha del 13 de mayo de 2024 (coordenadas: 10.5110282°, -66.886817°)..... vii
Figura 14-16. Edificio Castillete (a) Después de los terremotos de las redes sociales, (b) Imágenes aéreas de Google Earth con fecha del 13 de mayo de 2024 (coordenadas: 10.49918999°, -66.84532625°)..... viii
Figura 14-17. Edificio San Miguel (a) Después de los terremotos de las redes sociales, (b) Imágenes aéreas de Google Earth con fecha del 13 de mayo de 2024 (coordenadas: 10.49200224°, -66.84799166°)..... viii
Figura 14-18. Edificio Padula (a) Después de los terremotos de las redes sociales, (b) Imágenes aéreas de Google Earth con fecha del 13 de mayo de 2024 (coordenadas: 10.49041086°, -66.85042528°)..... ix
Figura 14-19. Conjunto Residencial Las Américas Edificios (a) – (b) Después de los terremotos de las redes sociales, (c) Imágenes aéreas de Google Earth con fecha del 22 de marzo de 2024 (coordenadas: 10.4907061°, -66.9396332°) x
Figura 14-20. Edificios de Capri (a) – (b) Después de los terremotos de las redes sociales, (c) Imágenes aéreas de Google Earth con fecha del 5 de febrero de 2025 (coordenadas: 10.48464819°, -66.94188545°)..... xi
Figura 14-21. Edificio Sorocaima (a) – (c) Después de los terremotos de las redes sociales, (c) Imágenes aéreas de Google Earth con fecha del 21 de diciembre de 2025 (coordenadas: 10.5107683°, -66.9007435°)..... xii
Figura 14-22. Urbanización Palo Grande Building (a) – (d) Después de los terremotos de las redes sociales, (c) Imágenes aéreas de Google Earth con fecha del 5 de febrero de 2025 (coordenadas: 10.495449°, -66.933783°) xiii
Figura 14-23. Iglesia de Las Mercedes (a) Antes de los terremotos de Google Earth, (b) después de los terremotos de las redes sociales, (c) Imágenes aéreas de Google Earth con fecha del 13 de mayo de 2024 (coordenadas: 10.510401°, -66.9141653°)..... xiv
Figura 14-24. Urbanización La Esperanza Edificio (a) Antes de los terremotos de Google Earth, (b) después de los terremotos de las redes sociales, (c) Imágenes aéreas de Google Earth con fecha del 5 de febrero de 2025 (coordenadas: 10.49683279°, -66.95569754°)..... xv

LISTA DE APÉNDICES

Apéndice A: Edificios caídos versus edificios dañados en Caracas (ejemplos)

ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

API	Interfaz de programación de aplicaciones
ASTM	ASTM International
CB	Cinturón de Caracas
CF	Falla Cantagallo
CLaSH	Center for Land and Surface Hazards
CMMI	Innovación en ingeniería civil, mecánica y manufacturera
CNR	Consejo Nacional de Investigación de Italia
CONVERGE	CONVERGE Natural Hazards Center
COVENIN	Comisión Venezolana de Normas Industriales
CT	Cinturón Caucagua–El Tinaco
CVC	Cámara Venezolana de la Construcción
DEM	Modelo digital de elevación (MDE)
DOI	Identificador de objeto digital
DTM	Modelo digital de terreno
ESCALA	Comunidad Estudiantil de Ingeniería Sísmica y Sismología de América Latina
EERI	Earthquake Engineering Research Institute
ENE	este-noreste
ESA	Agencia Espacial Europea
FUNVISIS	Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas
GEER	Geotechnical Extreme Event Reconnaissance association
GEM	Modelo global de terremotos
GFZ	Helmholtz Centre for Geosciences
GIS	Sistema de Información Geográfica
GNSS	Sistema Global de Navegación por Satélite
GRADE	Estimación rápida de daños a nivel mundial
HVSR	Relación espectral horizontal-vertical
IMF-UCV	Instituto de Mecánica de Fluidos, Universidad Central de Venezuela
IMME	Instituto de Materiales y Modelos Estructurales de la UCV
InSAR	Radar de apertura sintética interferométrica
INGV	Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

OIM	Organización Internacional para las Migraciones
IREA-CNR	Instituto para la Detección Electromagnética del Medio Ambiente, Consejo Nacional de Investigación de Italia
ISSMGE	International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering
JICA	Agencia de Cooperación Internacional de Japón
JSON	Notación de objetos JavaScript
LACSC	Latin American and Caribbean Seismological Commission
LFE	Learning from Earthquakes
LHP	Cinturón Loma de Hierro–Paracotos
LOS	Línea de visión
M	Magnitud del momento
MMI	Intensidad de Mercalli modificada
MOP	Ministerio de Obras Públicas
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NC	North Carolina
NISAR	Radar de apertura sintética NASA-ISRO
NSF	National Science Foundation
NZSEE	New Zealand Society for Earthquake Engineering
OCHA	Oficina de las Naciones Unidas para la Coordinación de Asuntos Humanitarios
PAGER	Prompt Assessment of Global Earthquakes for Response
PGA	aceleración máxima del suelo
RGR	RGR Ingeniería
SAR	Radar de apertura sintética
SPT	Prueba de penetración estándar
StEER	Reconocimiento de eventos estructurales extremos
SVDG	Sociedad Venezolana de Geotecnia
UAV	Vehículo aéreo no tripulado
UCAB	Universidad Católica Andrés Bello
UCV	Universidad Central de Venezuela
UNDRR	Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres
UNIMET	Universidad Metropolitana

USACE	Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos
USCS	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
USGS	Servicio Geológico de los Estados Unidos

1. INTRODUCCIÓN

El 24 de junio de 2026, mientras Venezuela se encontraba en un día feriado nacional, a las 18:04:31 hora local (22:04:31 hora universal coordinada [UTC]) se produjo un terremoto de magnitud de momento **M**, 7.2 con epicentro cerca de la ciudad de San Felipe, en el estado de Yaracuy, según el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). El epicentro se ubicó en 10.371°, −68.556°, aproximadamente a 21 kilómetros (km) al ENE de San Felipe (consulte la Figura 1-1) y presentó una profundidad hipocentral de 10 km (USGS 2026a). Aproximadamente 30 segundos después, a las 18:05:03 hora local (22:05:03 UTC), se produjo el terremoto de magnitud 7.5 en Catia La Mar. Este terremoto tuvo un epicentro ubicado en 10.622°°, −67.194°, 17 km ENE de Catia La Mar, en el estado de La Guaira (consulte la Figura 1-1). La profundidad hipocentral de este terremoto fue de 10 km (USGS 2026b).

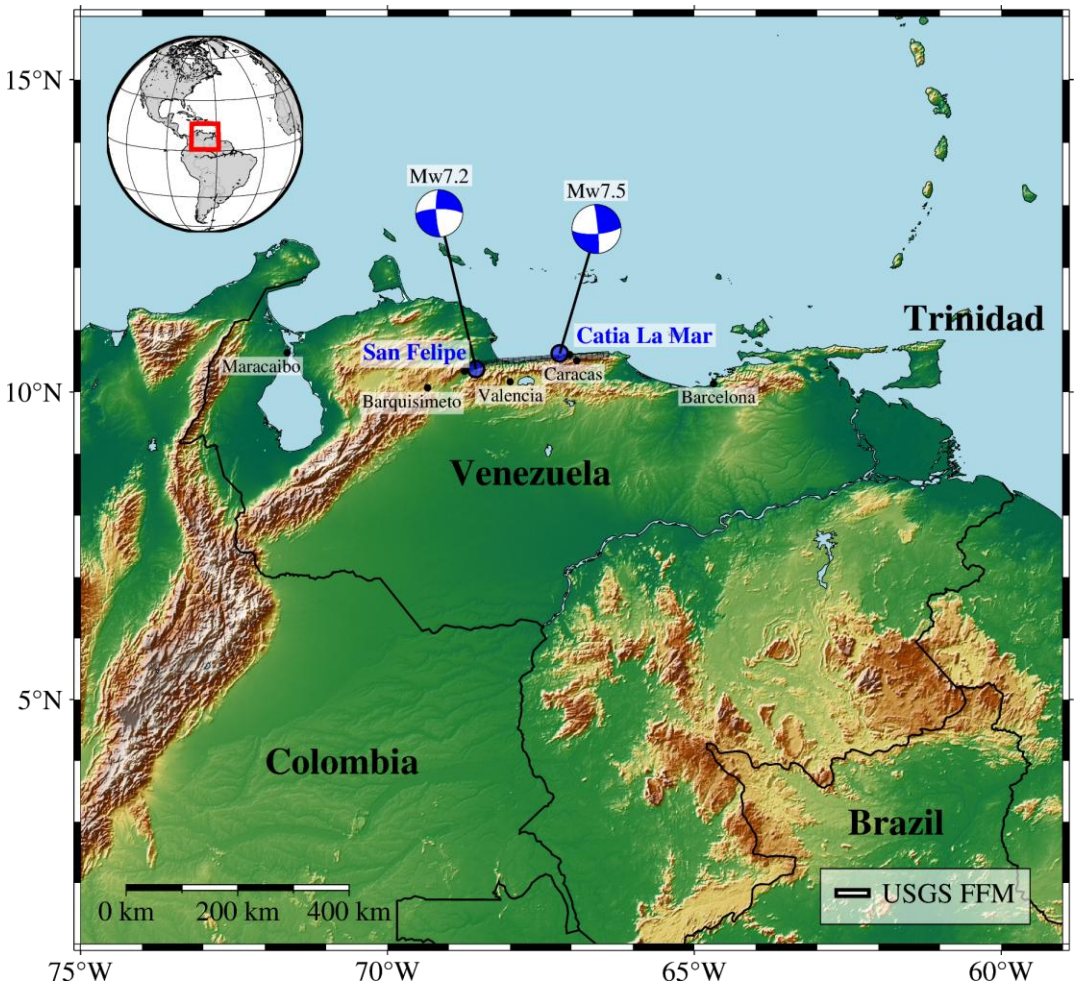


Figura 1-1. Mapa de Venezuela que muestra la ubicación de los epicentros de los terremotos de junio de 2026 en San Felipe (M 7.2) y Catia La Mar (M 7.5). Se muestran los mecanismos focales (del USGS) para ambos eventos.

A la fecha de publicación de este informe, la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS), que supervisa la red venezolana de estaciones de registro de movimientos telúricos fuertes, no ha puesto a disposición del público las grabaciones de estos eventos.

Como se muestra en la Figura 1-2 y en la Figura 1-3, el norte de Venezuela se encuentra dentro de una amplia zona de límite de placas transpresivas entre las placas del Caribe y de Sudamérica. El movimiento de placas dextral se distribuye entre varias fallas activas, principalmente los sistemas Boconó-San Sebastián-El Pilar y Oca-Ancón (Audemard 2000).

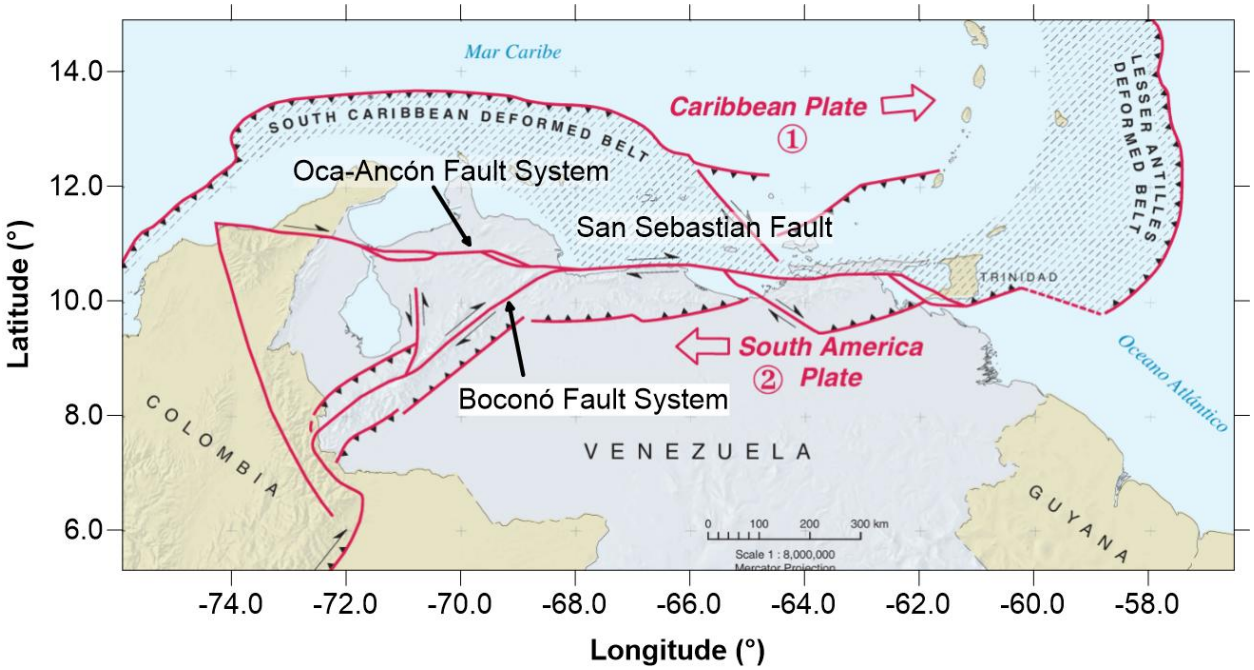


Figura 1-2. Diagrama de los límites de las placas de Venezuela (modificado de Audemard 2000).

El evento de magnitud 7.5 se produjo como resultado de una falla de desplazamiento lateral superficial cerca del límite de las placas del Caribe y Sudamérica (USGS; consultada por última vez: 2 de agosto de 2026). Como se puede observar en la Figura 1-2, la placa del Caribe se está desplazando hacia el este con respecto a la placa de Sudamérica a una velocidad aproximada de 18-20 milímetros por año (mm/año). El modelo de ruptura finita del USGS desarrollado para el evento de magnitud 7.5 indica una longitud de ruptura de unos 175 km y un ancho de aproximadamente 20 km. El Helmholtz Centre for Geosciences informó de dos subrupturas de magnitud 7.3 (en el extremo noreste de la falla de Boconó) y 7.4 (a lo largo de la falla de San Sebastián, con desplazamiento lateral derecho). Esta última se extiende de este a oeste (como se ve en la Figura 1-2 y en la Figura 1-3) y está ubicada entre 10 y 15 km al norte de Caracas, la capital de Venezuela.

El epicentro de estos terremotos se ubicó a menos de 250 km de la zona más poblada del país, incluyendo la capital, Caracas, con una población de aproximadamente 5,5 millones de habitantes, y Valencia y Maracay, que son la tercera y quinta ciudades más grandes del país (consulte la Figura 1-4). Las informaciones que aparecieron en la prensa inmediatamente después de los sismos

indicaron daños importantes en las estructuras ubicadas al este y al sur del primer y segundo epicentro, respectivamente.

Los terremotos del 24 de junio de 2026 causaron más de 6.000 muertos y dejaron cerca de 61.000 heridos, según cifras oficiales publicadas por el gobierno venezolano el 3 de agosto de 2026 (Reuters[1]). Según el Grupo del Banco Mundial, y basándose en la metodología de Estimación Rápida de Daños Globales (GRADE, por sus siglas en inglés), los terremotos también generaron 19.600 millones de dólares estadounidenses en daños físicos directos. Los daños más significativos en los sistemas de infraestructura se concentraron en el estado de La Guaira, particularmente en Caraballeda, Caribe y Catia La Mar, así como en áreas específicas de Caracas, a saber, las urbanizaciones de San Bernardino y Los Palos Grandes.

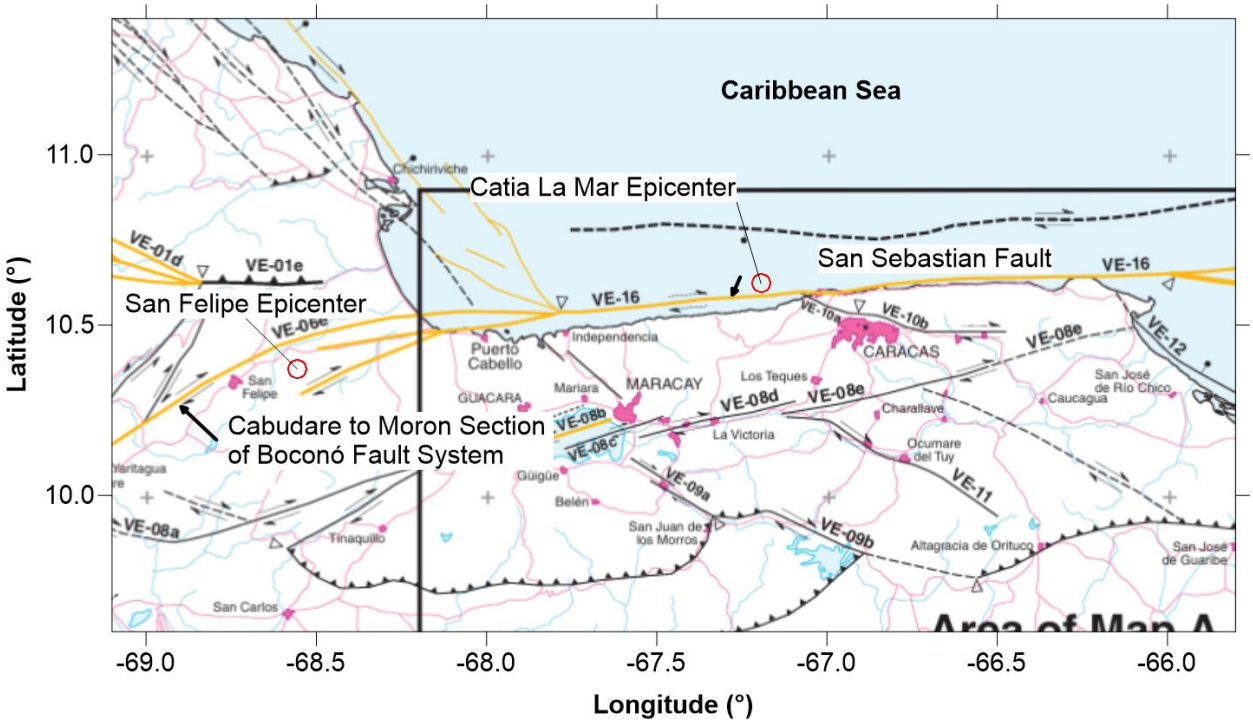


Figura 1-3. Mapa de fallas cuaternarias dentro del área de interés (modificado de Audemard 2000).

1.1 Alcance del reconocimiento

La dirección la asociación Geotechnical Extreme Event Reconnaissance (GEER) identificaron rápidamente la necesidad de documentar los efectos relacionados con la ingeniería geotécnica derivados de estos terremotos. En tal sentido, desde el principio, los colíderes de la misión, Ashly Cabas (NC State University) y Rodolfo B. Sancio (Geosyntec Consultants, Inc.), mantuvieron comunicación frecuente con profesores y profesionales en Venezuela, así como con la dirección de GEER, para identificar mecanismos eficaces para la respuesta rápida a estos acontecimientos. Se adoptó un enfoque de reconocimiento híbrido, con un equipo remoto (que no viajó) y un equipo local sobre el terreno. Inicialmente, el equipo remoto de GEER recopiló, seleccionó y validó información útil sobre la cobertura posterior al desastre y de los informes inmediatos relacionados

[1] https://www.reuters.com/business/environment/death-toll-venezuela-june-earthquakes-tops-6000-2026-08-03/

con el desastre que aparecieron en redes sociales. Paralelamente, el equipo de GEER, aprovechando sus sólidas conexiones en Venezuela y en el extranjero, colaboró con académicos, ingenieros y estudiantes locales que ya se encontraban cerca de las zonas afectadas para recopilar datos adicionales de alta calidad sobre las consecuencias geotécnicas identificadas por el equipo remoto. Los colíderes del equipo de GEER también participaron en tres reuniones de coordinación de respuesta dirigidas por los coordinadores del programa Learning from Earthquakes (LFE) del Earthquake Engineering Research Institute (EERI) (es decir, Robb Moss y Ayse Hortacsu), donde se proporcionó información contextual útil y asistieron profesionales locales y grupos internacionales interesados. El equipo de GEER colaboró con investigadores y académicos de otras instituciones a medida que los objetivos de recopilación de datos se fueron aclarando y se identificaron importantes sinergias entre los diferentes grupos.

Los equipos de campo de GEER se dividieron en tres fases. La Fase I estuvo integrada por Francisco Pinto (Universidad de Chile), Eduardo García (Universidad Central de Venezuela), Javier García (RGR Ingeniería) y Valentina Páez (Universidad Central de Venezuela, UCV) y se desplegó desde el 29 de junio hasta el 9 de julio. El objetivo del equipo de campo de la Fase I era recopilar datos perecederos en áreas con daños graves por los terremotos e identificar sitios de interés para la recopilación de datos en el futuro. Los miembros de la Fase I del equipo de campo de GEER colaboraron estrechamente con Eduardo Miranda (Universidad de Stanford), Camila López (Degenkolb), Carlos Arteta (Universidad del Norte, Colombia), Jorge Archbold (Universidad del Norte, Colombia), así como con los estudiantes de doctorado Nathan Gormay y Diego Montemayor de Stanford University, quienes también hacían labores de reconocimiento en Venezuela al mismo tiempo.

Los miembros de la Fase II incluyeron a Luis Fargier-Gabaldón (University of Notre Dame), Eduardo Núñez (Universidad Católica de la Santísima Concepción, Chile) y Ramón Mata-Lemus (Universidad San Sebastián, Chile), quienes además de las zonas dañadas en Caracas y La Guaira, visitaron áreas en Valencia y Maracay (consulte la Figura 1-4). Los miembros de la Fase II del equipo de campo de GEER se desplegaron del 9 al 22 de julio. Los miembros del equipo de campo de la Fase III del proyecto de GEER coincidieron con los de la Fase II y eran estudiantes venezolanos y profesionales noveles que centraron la recopilación de datos en la zona de Caraballeda, en La Guaira, una de las más afectadas. El equipo de la Fase III estuvo desplegado del 11 al 19 de julio y estuvo integrado por Isabella Sánchez (Universidad Metropolitana, UNIMET), Ericka Jiménez (Universidad Católica Andrés Bello, UCAB), Vicmarly Paredes (UCAB), Daniel León (UNIMET), Ernesto Toro (UCAB), Andrea Calles y Jhendiel Anato. El 11 de julio se llevó a cabo una sesión de capacitación sobre prácticas de reconocimiento adecuadas, en la que los estudiantes recibieron instrucción y apoyo a distancia sobre cómo ejecutar labores de reconocimiento por parte de los colíderes del equipo de GEER.

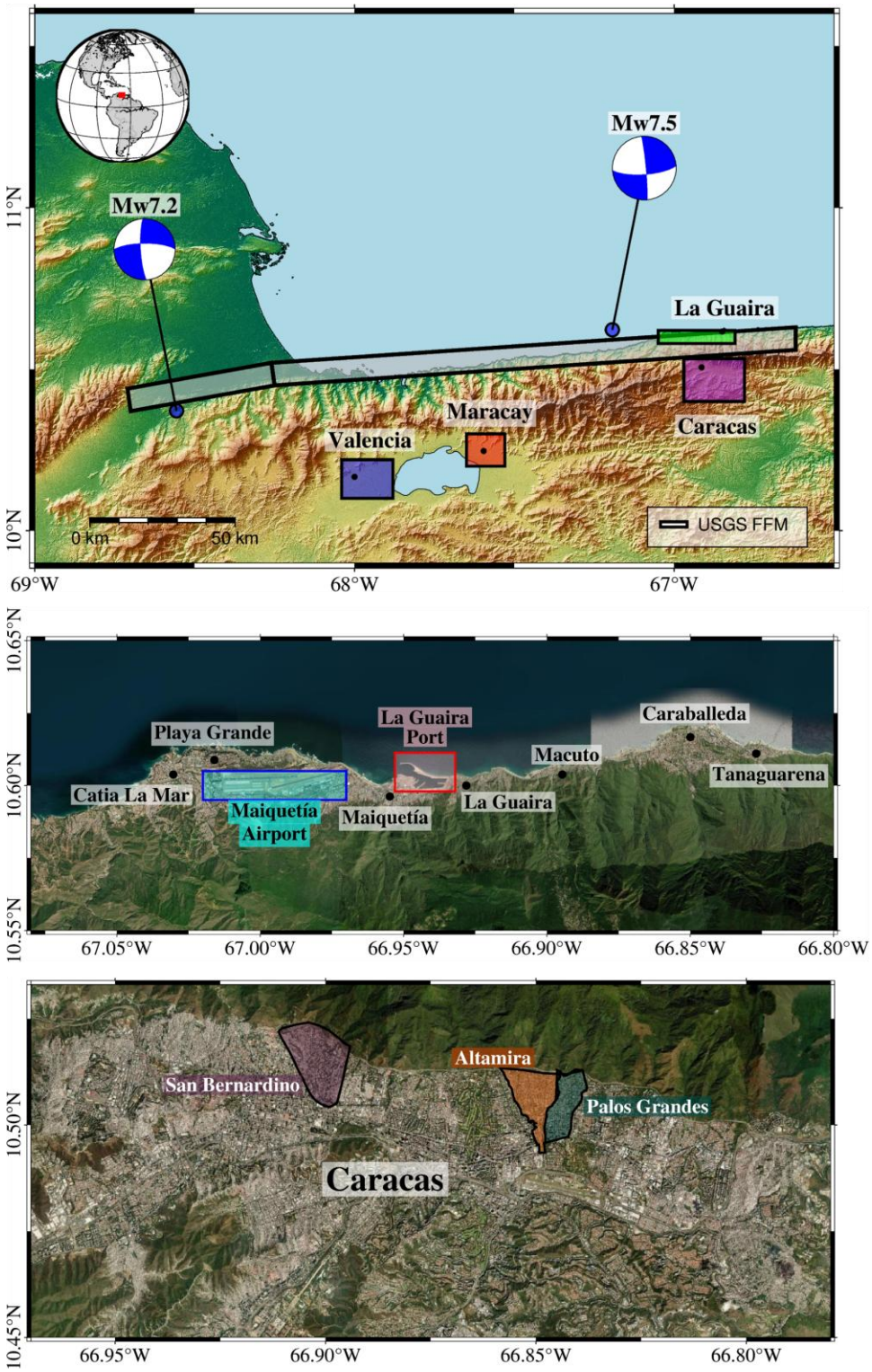


Figura 1-4. Descripción general de la zona central de la costa norte de Venezuela y áreas prioritarias para los equipos de campo de GEER de las fases I, II y III, así como para el equipo remoto de GEER que no viajó.

La recopilación de datos perecederos se coordinó de forma cercana con aliados locales en Venezuela, específicamente con miembros de la Sociedad Venezolana de Geotecnia (SVDG): Heriberto Echezuría, Wagdi Naime, Gustavo Iribarren y José Ignacio Amundaray. Eduardo García (UCV) también brindó apoyo cercano a todos los equipos de campo de GEER durante las tres fases. En Venezuela continúan las inspecciones de las presas de retención de sedimentos, y los colaboradores José Luis López (UCV) y Pascual Perazzo (Carpi Tech; Universidad Simón Bolívar) lideran estos esfuerzos y comparten sus observaciones con el equipo de GEER. Sergio Marín (MGR Consultores) y Franco de Paola (Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, USACE) son los colaboradores que contribuyen con las evaluaciones de funcionamiento de las presas después de los terremotos.

Durante las tres fases de trabajo de campo y las actividades paralelas de reconocimiento remoto, el equipo de GEER logró comprender mejor el alcance de los daños y evaluó la magnitud del esfuerzo de reconocimiento necesario para recopilar e integrar los datos más relevantes y urgentes. Basándonos en estos primeros esfuerzos de recopilación de datos y observaciones preliminares, ofrecemos información sobre lo siguiente:

- Efectos de la geología local en el movimiento telúrico (incluida la respuesta local del terreno, los efectos topográficos y los efectos de la licuación).
- Características de la ruptura de la falla.
- Manifestación superficial del desencadenamiento de la licuación y desprendimiento lateral inducida por la licuación.
- Daños a la infraestructura (p. ej., edificios, carreteras, puertos, zonas costeras, presas, estructuras de contención y oleoductos).
- Deslizamientos de tierra inducidos por los sismos.
- Intersección de riesgos geológicos (p. ej., movimientos del terreno por sismos, deslizamientos de tierra y flujo de detritos).

1.2 Objetivos de reconocimiento

Las observaciones incluidas en este informe son el resultado de un esfuerzo verdaderamente colaborativo e interdisciplinario entre equipos con diferentes antecedentes técnicos, ubicaciones geográficas y organizaciones (detallado en la Sección 2). El objetivo de esta primera versión del informe de GEER es resumir los hallazgos preliminares del equipo de investigación colaborativa y sentar las bases para futuras investigaciones más exhaustivas sobre los terremotos en Venezuela.

Debido a que el epicentro del sismo de magnitud 7.5 se ubicó justo al norte de la ciudad de Catia La Mar, y hubo daños extensos en La Guaira y más localizados en áreas específicas de Caracas, las labores de reconocimiento se centraron en estas áreas.

1.3 Organización del informe

Este informe está dirigido a personas con conocimientos sobre ingeniería geotécnica y sísmica. Está organizado de la siguiente manera:

- La sección 2 describe la estructura del equipo y el enfoque para la recopilación de datos
- La sección 3 ofrece información detallada sobre el contexto tectónico regional
- La sección 4 proporciona el contexto geológico
- La sección 5 proporciona información adicional sobre la sismicidad y las características de la fuente
- La sección 6 incluye información sobre las características del movimiento del suelo y los efectos en el lugar
- La sección 7 ofrece una visión general sobre la evidencia de deformación del terreno observada después del terremoto a través de una revisión de fotografías satelitales y aéreas
- La sección 8 describe las observaciones de posibles lugares de ruptura de fallas en la superficie del terreno
- La sección 9 describe las observaciones de licuación
- La sección 10 describe las observaciones de deslizamientos de tierra causados por los terremotos y analiza los peligros combinados
- La sección 11 describe los impactos en la infraestructura civil
- La sección 12 describe la presencia de presas de agua y sedimentos en las áreas afectadas por el terremoto y los avances hacia la finalización de sus inspecciones
- La sección 13 analiza los impactos en redes de servicios esenciales
- La sección 14 analiza las repercusiones humanas y económicas posteriores al terremoto.

1.4 Referencias

Audemard, F.A. (2000). Major active faults of Venezuela. En: Actas del Taller Internacional sobre Estudios Tectónicos Activos en Venezuela. FUNVISIS, Caracas.

USGS. 2026a. M 7.2 - 21 km ENE de San Felipe, Venezuela. https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us6000t7zc/executive

USGS. 2026b. M 7.5 - 17 km al O de Catia La Mar, Venezuela. https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us6000t7zp/executive

2. ESTRUCTURA DEL EQUIPO Y ENFOQUE PARA LA RECOPILACIÓN DE DATOS

Tabla 2-1. Autores principales de esta sección

Nombre	Afiliación
Jenny Ramírez	Ingeniera geotécnica sénior en Geosyntec Consultants, Inc.
Juan F. Perri	Ingeniero principal en Exponent, EE. UU.
Ashly Cabas	Profesora asociada, North Carolina State University

El equipo de GEER estuvo dirigido por Ashly Cabas de North Carolina State University (NC State) y Rodolfo Sancio de Geosyntec Consultants, Inc. El equipo remoto (sin viajar) de GEER estuvo integrado por expertos en ingeniería geotécnica sísmica, ingeniería estructural, geología de la ingeniería, sismología, geofísica y análisis de riesgos centrados en el ser humano, y sus nombres y afiliaciones se incluyen en la Tabla 2-2. El equipo local estuvo integrado por académicos, investigadores, profesionales y estudiantes de Venezuela que podían viajar a las zonas afectadas o que residían actualmente en el país.

Tabla 2-2. Lista del equipo remoto de GEER (en orden alfabético)

Nombre	Afiliación
Ashly Cabas	Profesora asociada en NC State, EE. UU.
Celso Castro-Bolinaga	Profesor asociado en NC State, EE. UU.
David Barba Galdamez	Estudiante de posgrado en NC State, EE. UU.
Eduardo Carrillo	Profesional en Geosyntec Consultants, EE. UU.
Felipe Kuncar	Investigador postdoctoral en la Universidad de Canterbury, Nueva Zelanda.
Gonzalo Montalva	Profesor de la Universidad de Concepción, Chile
Hailey-Rae Rose	Ingeniera sénior en Exponent, EE. UU.
Jenny Ramírez	Ingeniera geotécnica sénior, Geosyntec Consultants, EE. UU.
Juan F. Perri	Ingeniero principal en Exponent, EE. UU.
Karol Sánchez	Estudiante asistente de posgrado en NC State, EE. UU.
Ke Xu	Investigador postdoctoral en NC State, EE. UU.
Lorne Arnold	Profesor asistente en la Universidad de Washington Tacoma, EE. UU.
Melanie Dickson	Investigador asociado en NC State, EE. UU.
Nicole Paul	Investigadora postdoctoral en ETH Zurich, Suiza
Patricia Varela	Geóloga sénior en Geosyntec Consultants, EE. UU.
Rodolfo Sancio	Vicepresidente de Operaciones, Geosyntec Consultants, Inc., EE. UU.

Nombre	Afiliación
Shiying Nie	Científica sénior especializada en sismología en Karen Clark & Company, EE. UU.
William Zakka	Investigador de posgrado en la Universidad de California, Berkeley, EE. UU.

Los equipos de campo de GEER se organizaron en tres fases y colaboraron de forma cercana con profesionales y estudiantes locales en el terreno, quienes brindaron apoyo en materia de logística, identificación de lugares de interés y campañas de recopilación de datos. Todos los miembros del equipo de campo de GEER se enumeran en la Tabla 2-3.

Tabla 2-3. Lista de miembros del equipo de campo de GEER (en orden alfabético)

Nombre	Afiliación
Daniel León	Estudiante, UNIMET
Eduardo García	Universidad Central de Venezuela
Eduardo Núñez	Profesor asociado, Univ. Católica de la Santísima Concepción, Chile
Ericka Jiménez	Estudiante de pregrado, UCAB
Ernesto Toro	Estudiante de pregrado, UCAB
Francisco Pinto	Profesor asistente, Universidad de Chile
Gustavo Iribarren	Profesor de la UNIMET; expresidente de la SVDG
Heriberto Echezuría	Profesor de la UCV y la UCAB; actual presidente de la Sociedad Venezolana de Geotecnia
Javier García	RGR Ingeniería, Venezuela
Jhendiel Anato	Ingeniero, UCV
José Ignacio Amundaray	Consultor, A.I.G. Venezuela
Isabella Sánchez	Estudiante de pregrado, UNIMET
Luis Fargier-Gabaldón	Profesor asociado de la Práctica; University of Notre Dame, EE. UU.
Ramón Mata-Lemus	Profesor asistente; Universidad San Sebastián, Chile
Valentina Páez	Universidad Central de Venezuela
Vicmarly Paredes	Estudiante de pregrado, UCAB
Wagdi Naime	Profesor de la Universidad Central de Venezuela; actual secretario general de la Sociedad Venezolana de Geotecnia

A las pocas horas de los terremotos en Venezuela, los miembros de ES2CALA (https://e2scala.ccee.ncsu.edu/), una comunidad financiada por la National Science Foundation para estudiantes y profesionales interesados en la ingeniería sísmica y/o la sismología, se pusieron

en contacto a través de un grupo de chat de WhatsApp para compartir fotos y vídeos de las redes sociales. Los miembros de ES2CALA incluyeron a 27 profesionales afiliados a instituciones académicas o a la industria y se enumeran en la Tabla 2-4. Estos miembros de ES2CALA compartieron datos e información relevantes de las redes sociales. Las principales fuentes fueron Instagram y X (antes Twitter), así como Reddit, YouTube, sitios web de noticias (p. ej., New York Times, NBC News), LinkedIn y comunicaciones personales compartidas dentro del grupo. Debido a la rápida difusión de las noticias en las redes sociales, esta información no siempre indicaba la ubicación o la naturaleza de las observaciones. A medida que el equipo remoto de GEER tuvo acceso a fotos y videos, se inició el proceso de georreferenciación de los datos mediante la identificación de nombres de calles, nombres de edificios residenciales u hoteles, restaurantes, gasolineras, centros comerciales y características distintivas del lugar, como la forma de las piscinas u otras, en Google Earth para determinar sus coordenadas. Siempre que fue posible, se usaron imágenes previas a los terremotos que estaban disponibles en Google Earth o Google Maps para generar un collage que mostrara imágenes de antes y después de los sismos. El resultado de este esfuerzo es una colección de fotos y figuras de antes y después de los terremotos, y un mapa de ubicación del sitio como se muestra en la Figura 2-3 hasta la Figura 2-9. La Figura 2-10 muestran con más detalle el edificio inclinado de la Figura 2-9. Esta recopilación de datos perecederos en un repositorio de medios que puede ser útil para investigaciones posteriores y se encuentra en Designsafe (https://www.designsafe-ci.org/).

Tabla 2-4. Lista de miembros del grupo de WhatsApp de ES2CALA y su afiliación (en orden alfabético)

Nombre	Afiliación
Adrian Rodríguez-Marek	Profesor; Virginia Tech, EE. UU.
Ashley Cartagena-Morales	Profesora; Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra (PUCMM), República Dominicana
Ashly Cabas	Profesora asociada; North Carolina State University
Carlos Englert	Ingeniero geoestructural sénior; GEI Consultants, EE. UU.
Celso Castro-Bolinaga	Profesor asociado; North Carolina State University
Catalina Yepes	Investigadora sénior; Global Earthquake Model Foundation, Pavía, Italia
Christine Beyzaei	Ingeniera civil; Amazon
David Barba Galdamez	Estudiante de posgrado; North Carolina State University
Eduardo Miranda	Profesor; Stanford University, EE. UU.
Emel Seyhan	Directora de Análisis y Modelado en Moody's RMS
Étienne Bertrand	Investigador científico sénior; Université Gustave Eiffel, Francia
F. Estefan García	Profesor adjunto; University of Michigan, EE. UU.
Luis Fabián Bonilla	Investigador; University Gustave Eiffel
Felipe Kuncar	Investigador postdoctoral; University of Canterbury, Nueva Zelanda

Nombre	Afiliación
Gonzalo Montalva	Profesor; Universidad de Concepción, Chile
Gabriel Toro	Lettis Consultants International, LLC
Alessandra Schibuola	Investigadora postdoctoral; Universidad de Trieste, Italia
Jesús Gómez	Vicepresidente sénior; GEI Consultants
Jenny Ramírez	Ingeniera geotécnica sénior, Geosyntec Consultants Inc.
Karol Sánchez	Investigadora de posgrado; North Carolina State University
Luis Fargier-Gabaldón	Profesor asociado de la Práctica, University of Notre Dame
Melanie Dickson	Investigadora de posgrado; North Carolina State University
Mervyn Kowalsky	Profesor; North Carolina State University
Pablo Heresi	Profesor asistente en la Universidad de Chile, Chile
Rodolfo Sancio	Vicepresidente de Operaciones, Geosyntec Consultants Inc.
Renmin Pretell	Profesor adjunto; University of Nevada Reno

El conjunto de imágenes recopiladas del grupo de WhatsApp E2SCALA se contrastó con la información disponible en la plataforma www.crisisvenezuela.org antes de compartirlo con el equipo de campo de GEER. Esta plataforma fue desarrollada por Martínez (2026) para agregar ygeolocalizar informes de daños estructurales de los terremotos de San Felipe y Catia La Mar del 24 de junio de 2026, utilizando prensa, redes sociales, fuentes oficiales y conjuntos de datos de aliados (p. ej., la New Zealand Society for Earthquake Engineering o NZSEE, SismoAyuda VE). Cada registro conserva sus fuentes citadas, el origen de sus coordenadas (explícitas o geocodificadas) y un índice de confianza según un modelo publicado y documentado (crisisvenezuela.org/docs/trust). La Figura 2-1 muestra la distribución espacial de los daños documentados. El catálogo se publica en formatos abiertos CSV, JSON y API, y se archiva con un

DOI citable (10.5281/zenodo.21154222), que permite identificar la versión actual del conjunto de datos.

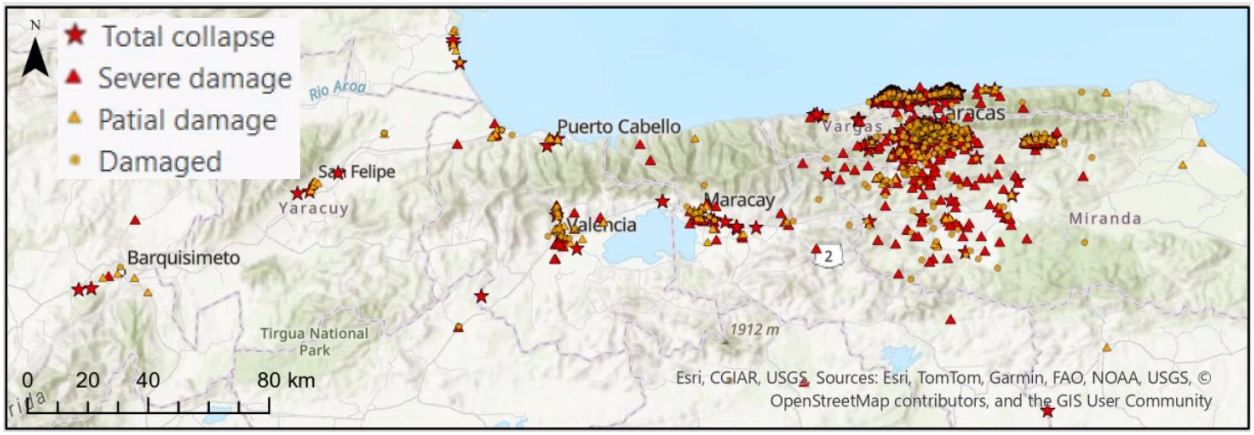


Figura 2-1. Daños documentados por crisisvenezuela.org mediante esfuerzos de colaboración ciudadana.

En los días posteriores a los terremotos, se difundió ampliamente información adicional en YouTube, canales de noticias y periódicos. De igual forma, el equipo remoto de GEER georreferenció y contrastó las fotografías y los vídeos provenientes de estas fuentes antes de enviarlos al equipo local. La Figura 2-3 hasta la Figura 2-19 muestran las imágenes recopiladas con las fotografías anteriores y posteriores a los terremotos y sus coordenadas. Al 8 de julio de 2026, la SVDG había compartido con el equipo remoto de GEER casi 2000 fotografías. Entre estas, se georeferenció y localizó un subconjunto de aproximadamente 159 fotografías representativas, que incluyen 19 sitios, utilizando Google Earth. La Figura 2-20 hasta la Figura 2-39 muestran las imágenes recopiladas con las fotografías anteriores y posteriores a los terremotos y los mapas del sitio en Google Earth. Los puntos de datos seleccionados, curados y georreferenciados, con las fotografías adjuntas a sus ubicaciones, se guardaron en formato Google Earth (archivo kmz) y se compartieron con el personal local en el terreno. Esta recopilación también está disponible en nuestro repositorio de datos en DesignSafe.

Los miembros del equipo de campo de GEER que figuran en las Tabla 2-3, junto con otros colaboradores, compartieron imágenes, videos y observaciones de campo de los lugares visitados, incluyendo coordenadas y puntos de referencia. El equipo remoto de GEER fue el responsable de recopilar, organizar y georreferenciar esta información. Los productos derivados de estos esfuerzos se utilizaron posteriormente para documentar e interpretar las observaciones y los patrones en las secciones subsiguientes de este informe.

La investigación de GEER se benefició enormemente de una amplia red de colaboración, como se puede ver en la Figura 2-2. Por ejemplo, establecimos excelentes alianzas con el USGS (en particular con su programa Landslides Hazard Program y con el Natural Hazards Mission Area), la NASA (a través de su Programa de Desastres) y el centro CLaSH, financiado por la NSF. Gracias a múltiples esfuerzos de coordinación, nuestro equipo ha tenido acceso a imágenes satelitales de alta resolución con el objetivo de comprender mejor los peligros que persisten en Venezuela debido a los terremotos y las lluvias. La comunidad sin fines de lucro, Global Earthquake Model (GEM, por sus siglas en inglés), elaboró análisis de riesgo para estos eventos,

los cuales compartió con nosotros de inmediato y se incluyen en este informe de GEER. Las empresas de consultoría en las que trabajan algunos miembros de nuestro equipo de GEER también pusieron a disposición algunos de sus productos, software y plataformas de forma gratuita para que el equipo los incorpore en nuestros análisis preliminares. El subcomité EERI-LFE, la New Zealand Society for Earthquake Engineering (NZSEE), la International Society of Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ISSMGE), así como los esfuerzos de colaboración ciudadana para mapear los daños en Venezuela (crisisvenezuela.org) también contribuyeron al éxito de esta misión de reconocimiento.

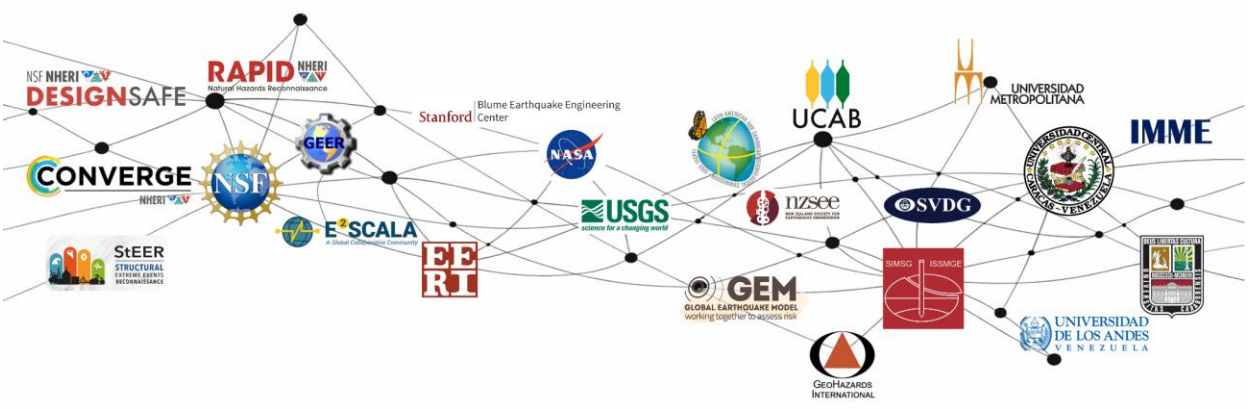


Figura 2-2. Red de colaboración que contribuye a la respuesta rápida luego de los terremotos de 2026 en Venezuela

La investigación de GEER también se facilitó gracias al inmenso trabajo de las siguientes entidades, que dedicaron muchas horas de forma voluntaria para apoyar con la recopilación de datos, con el suministro de equipos de campo esenciales, datos y acceso a numerosos lugares. A continuación, se resume la lista de entidades y el apoyo suministrado durante el primer mes posterior a los terremotos:

- Vicepresidencia Sectorial de Obras Públicas y Servicios
  - Acceso para el personal de GEER a instalaciones críticas, incluyendo puertos y el Aeropuerto Internacional Simón Bolívar
  - Acceso y transporte para el personal de GEER para el reconocimiento de presas de escombros en El Ávila
  - Equipo de campo para el personal de GEER para documentar sondeos y Ensayos de Penetración Estándar (SPT) a través de la Fundación Laboratorio Nacional de Vialidad (FUNDALANAVIAL)
  - Imágenes de vehículos aéreos no tripulados (VANT), también conocidos como drones
- Cámara Venezolana de la Construcción (CVC)
  - Contactos invaluables con empresas locales que compartieron datos (imágenes y videos de UAV, también conocidos como drones, fotografías terrestres) y con el Gobierno venezolano.

- SVDG
  - Fotografías y videos de campo
- UCV
  - Ayuda de profesores y estudiantes
- UNIMET
  - Ayuda de profesores y estudiantes
- Inelectra
  - Mapas y documentación de los daños en la urbanización Hugo Chávez
  - Imágenes y vídeos de UAV (también conocido como dron)
- DATA DRONE, C.A. (Píxel de dron)
  - Fotografías aéreas tomadas días después de los terremotos. Los datos derivados de estas fotografías incluían nubes de puntos y DTM

2.1 Aspectos generales sobre el repositorio de datos de redes sociales y noticias

En esta sección ofrecemos una visión general sobre los tipos de daños observados en cada una de las zonas urbanas densamente pobladas que fueron objeto de investigación y recopilación (y posteriormente verificación) a partir de las redes sociales y otros medios de comunicación. En los capítulos siguientes, dedicados al funcionamiento de los sistemas de ingeniería y a la deformación del terreno, se ofrecen detalles adicionales y descripciones más amplias.

2.1.1 Caracas

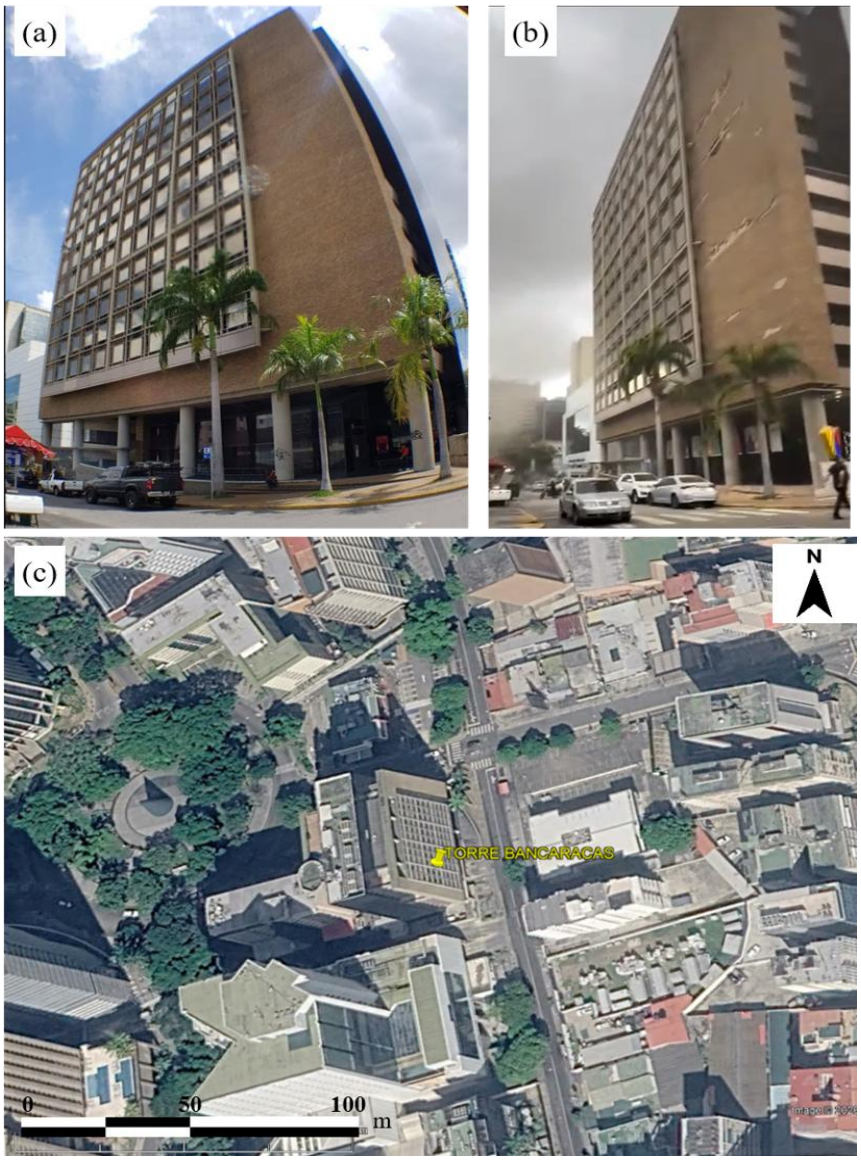


Figura 2-3. Torre Bancaracas, Los Palos Grandes, Miranda: (a) Antes de los terremotos, de Google Earth; (b) Después de los terremotos, compartida en el grupo de chat de WhatsApp de E2SCALA; e

(c) Imágenes aéreas de Google Earth de fecha 3 de enero de 2026 (Coordenadas: 10.497611°, -66.850849°)



Figura 2-4. Edificio Rita (a) Mosaico fotográfico (proveniente de redes sociales, compartidas en el grupo de chat de WhatsApp de E2SCALA) de edificios cercano a la intersección de la Avenida Los

Próceres y la Avenida Marqués del Toro, Caracas, después de los terremotos e (b) Imágenes aéreas de Google Earth de fecha 21 de diciembre de 2025 (Coordenadas: 10.514921°, -66.898304°)



Figura 2-5. Torre Petunia en Los Palos Grandes, Miranda: (a, b) Antes de los terremotos, de Google Earth; (c) Después de los terremotos, compartida en el grupo de chat de WhatsApp de E2SCALA; e

(d) Imágenes aéreas de Google Earth de fecha 13 de mayo de 2024 (Coordenadas: 10.498366°, -66.847556°)

2.1.2 La Guaira



Figura 2-6. Edificio de apartamentos inclinado en La Guaira, Venezuela. Ubicación (a) antes de los terremotos, (b) después de los terremotos, compartida en el grupo de chat de WhatsApp de

E2SCALA, y (c) una vista aérea de Google Earth del 8 de mayo de 2026, edificio de referencia (con marcador rojo) en las coordenadas: 10.61055°, -67.010966°



Figura 2-7. Hotel Eduard´s (a) Antes de los terremotos; (b) Vista aérea del 5 de febrero de 2025 de Google Earth, coordenadas 10.605006°, −66.900661°; (c) Foto después de los terremotos proveniente de redes sociales, compartida en el grupo de chat de WhatsApp de E2SCALA

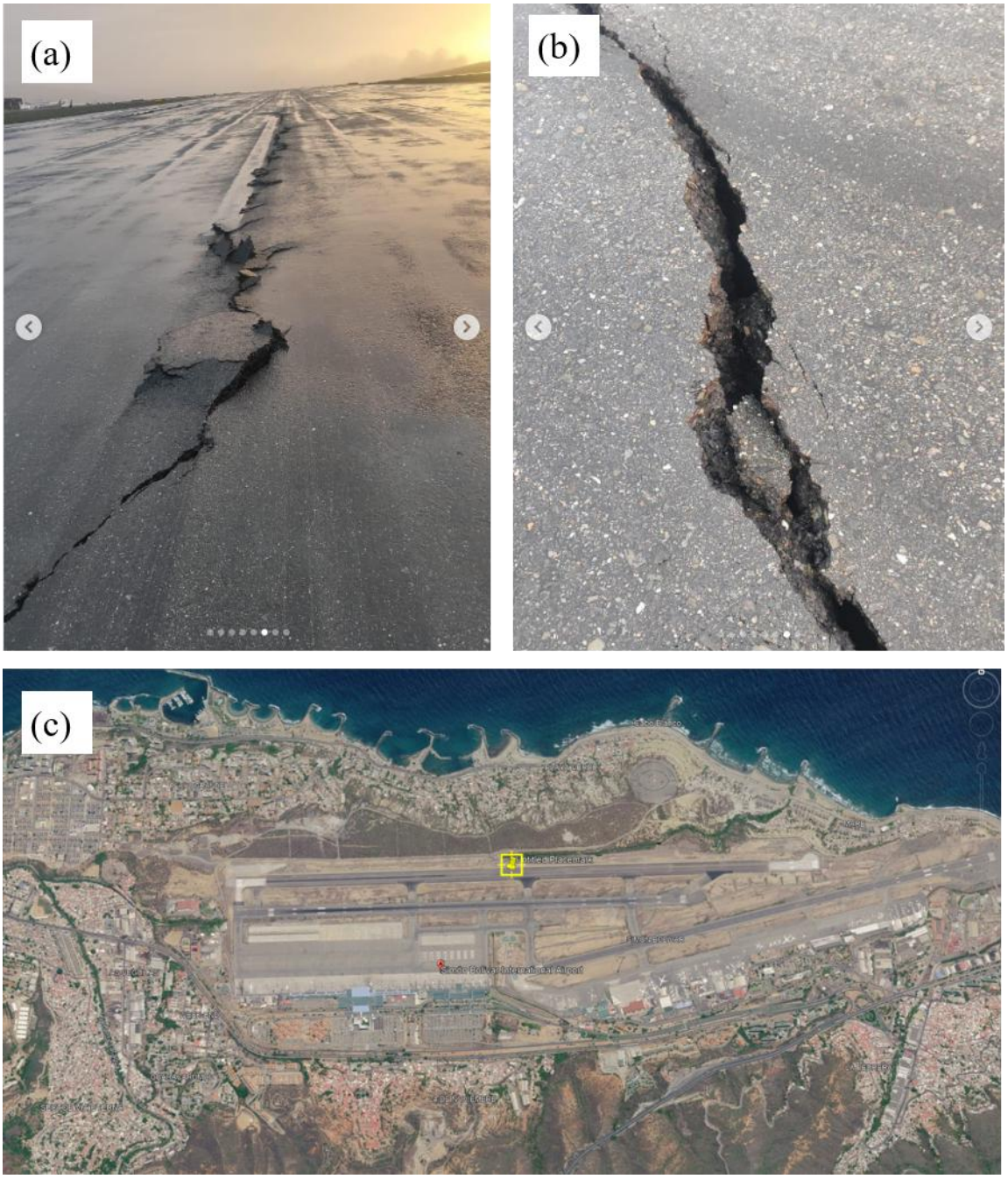


Figura 2-8. (a,b) Pavimento agrietado en el Aeropuerto Internacional Simón Bolívar, La Guaira, con coordenadas aproximadas 10.604266°, −66.997822° y (c) vista aérea proveniente de redes sociales, compartida en el grupo de chat de WhatsApp de E2SCALA. Google Earth, de fecha 8 de mayo de 2026



Figura 2-9. Residencias Los Delfines: (a) Después de los terremotos, marcado con un triángulo rojo en el mapa del sitio en 10.610009°, −67.025497°; (b) Después de los terremotos, marcado con un círculo rojo en el mapa del sitio en 10.610194°, −67.024792°; (c) Vista aérea de imágenes de Google Earth de fecha 8 de mayo de 2026. Las imágenes posteriores a los terremotos fueron tomadas de un video compartido en el grupo de chat de WhatsApp de E2SCALA

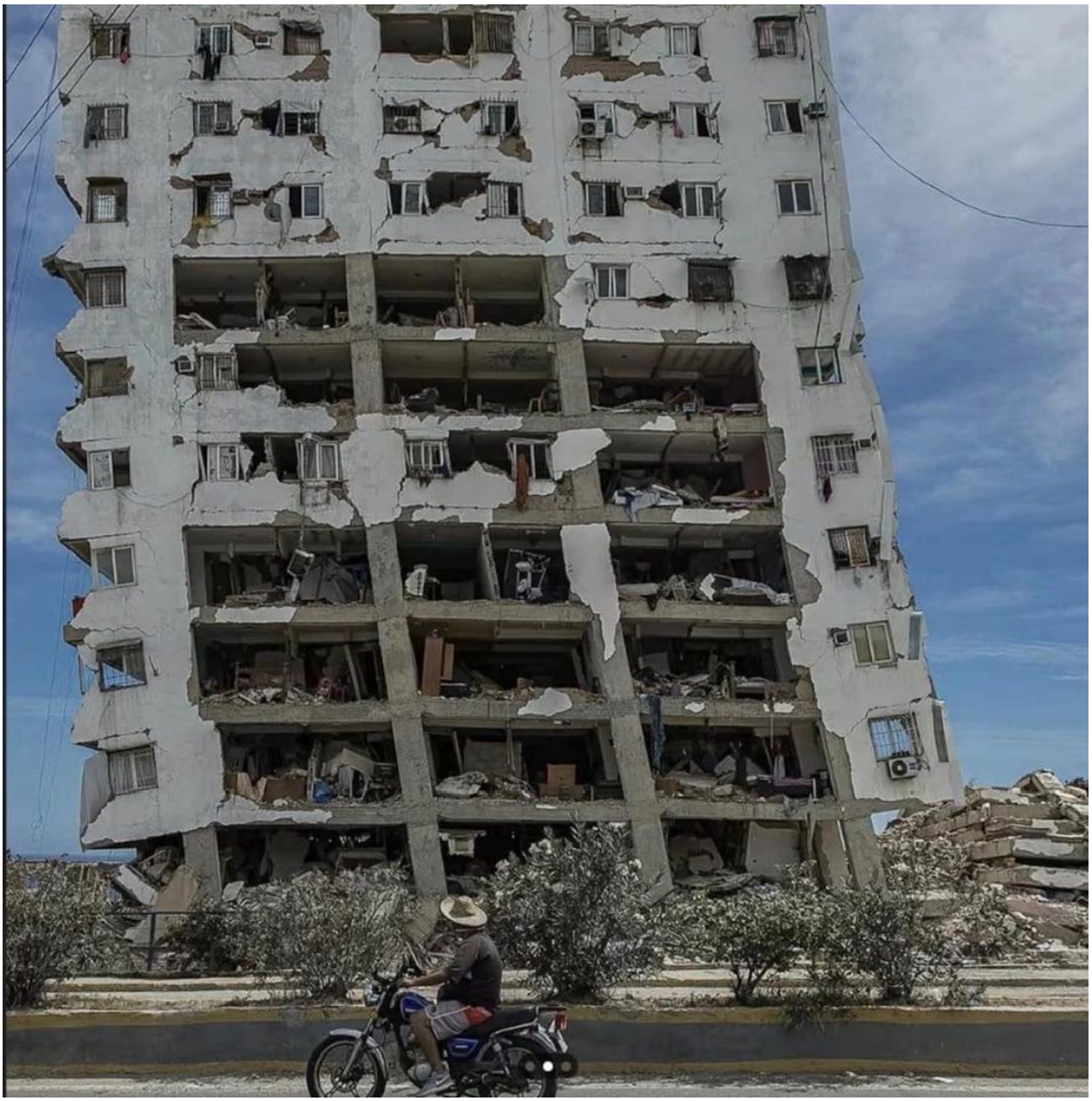


Figura 2-10. Edificio inclinado identificado en la Figura 2-9

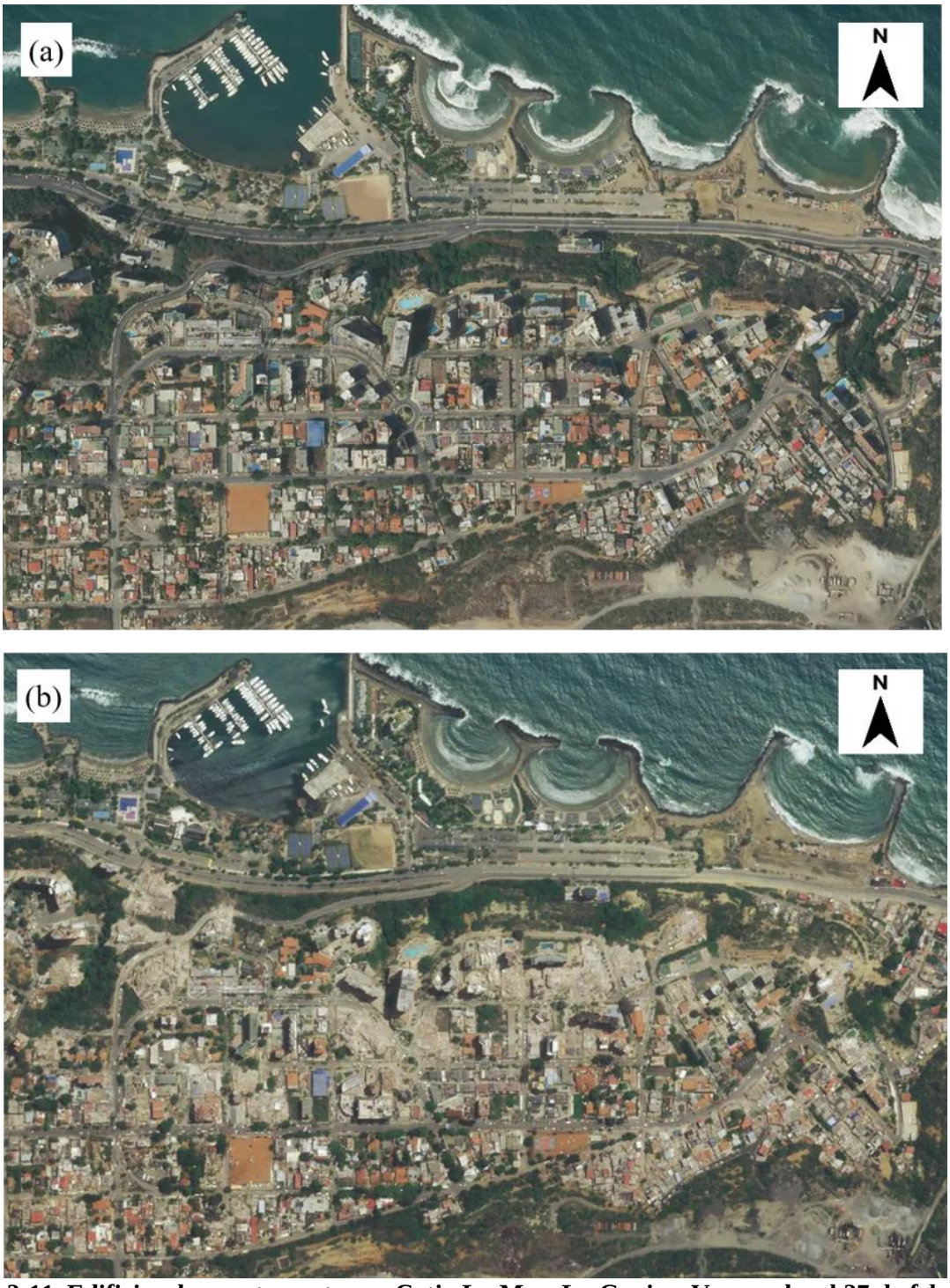


Figura 2-11. Edificios de apartamentos en Catia La Mar, La Guaira, Venezuela, el 27 de febrero de 2026 y el 26 de junio de 2026 (a) antes y (b) después de los terremotos. Imágenes satelitales que muestran la magnitud de la devastación en Venezuela luego de dos terremotos, publicadas por NBC News, sitio web: https://www.nbcnews.com/world/venezuela/satellite-images-show-scope-devastation-venezuela-dual-earthquakes-rcna352017



Figura 2-12. Edificio de apartamentos en La Guaira, Venezuela, el (a) 22 de junio, antes de los terremotos y el (b) 25 de junio después de los terremotos. Imágenes satelitales muestran el alcance de la devastación en Venezuela después de dos terremotos por NBC News, sitio web: https://www.youtube.com/watch?v=0_ORDDBX78A. Coordenadas de la esquina sureste de la cuadra: 10.6105°, -67.0115°

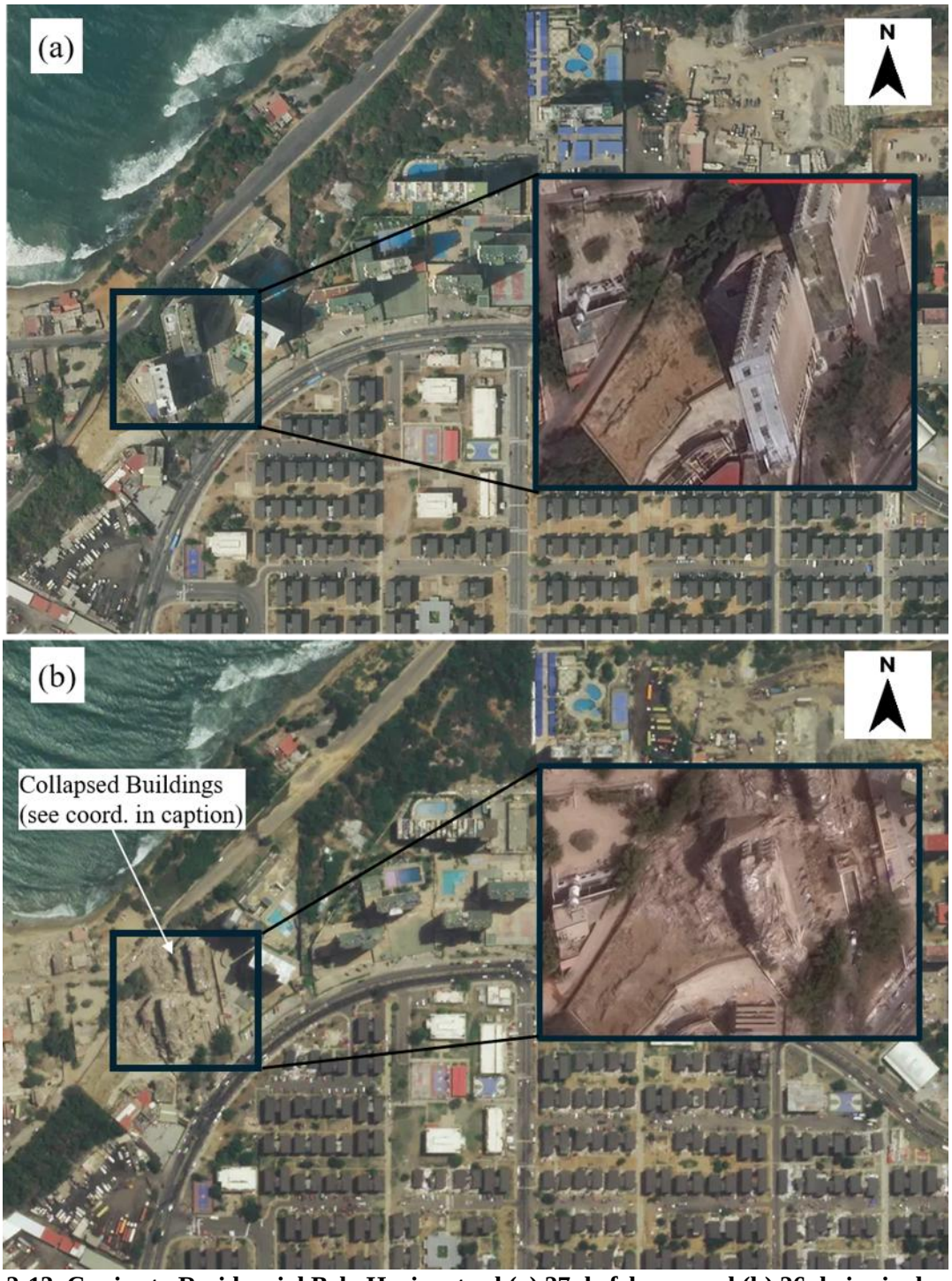


Figura 2-13. Conjunto Residencial Belo Horizonte el (a) 27 de febrero y el (b) 26 de junio después de los terremotos (Imágenes satelitales muestran el alcance de la devastación en Venezuela después de los dos terremotos por NBC News, sitio web: https://www.youtube.com/watch?v=0_ORDDBX78A). Coordenadas 10.60966, −67.026897

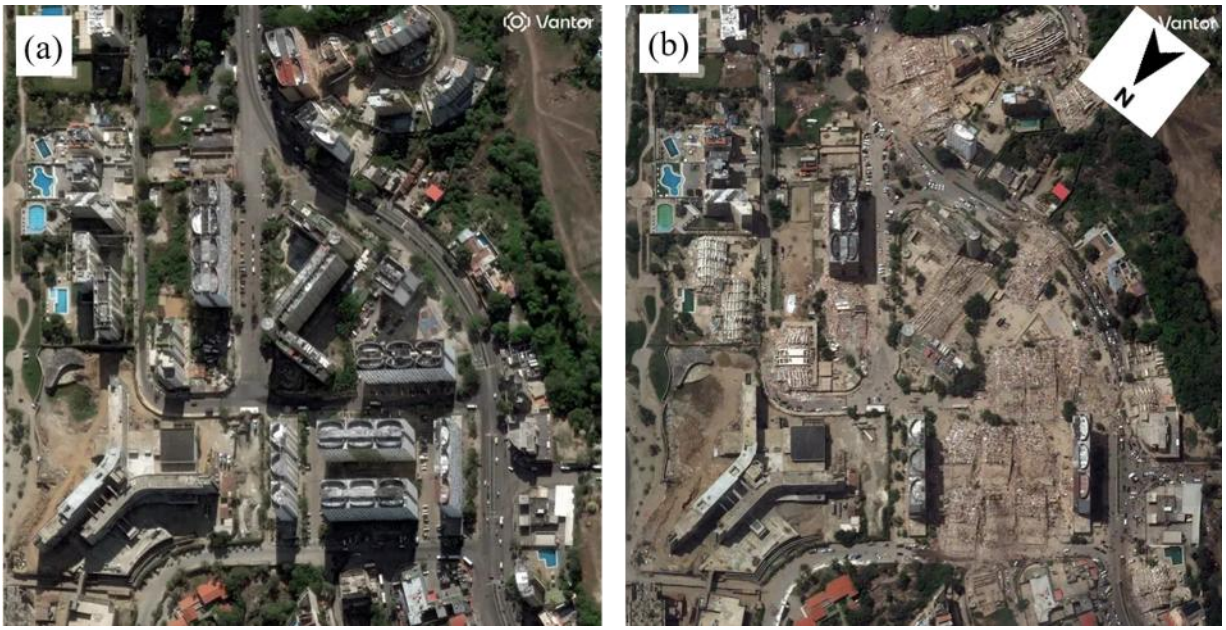


Figura 2-14. Edificio de apartamentos en Caraballeda, La Guaira el (a) 28 de diciembre y el (b) 26 de junio después de los terremotos (Ref.: Imágenes satelitales muestran la magnitud de la devastación en Venezuela después de los dos terremotos, según NBC News (sitio web: https://www.youtube.com/watch?v=0_ORDDBX78A). Coordenadas del edificio en forma de L: 10.614721°, −66.839135°)



Figura 2-15. Edificio desconocido (a) Antes de los terremotos según imágenes aéreas de Google Earth del 13 de mayo de 2024; (b y c) Después de los terremotos informados por Fox News ()https://www.bing.com/videos/riverview/relatedvideo?q=venezuela%20earthquake&mid=FC0431836BA833B16A10FC0431836BA833B16A10&ajaxhist=0 El edificio con coordenadas 10.617879°, −66.856783° está identificado con un triángulo rojo en cada imagen



Figura 2-16. Residencias Coral Beach en Playa Puerto Viejo, La Guaira: (a) Antes del terremoto, a partir de imágenes de Google Earth de fecha 13 de mayo de 2024 y (b) Después del terremoto proveniente de YouTube. (10.617927°, -66.854617°)



Figura 2-17. Residencia Nautilus, La Guaira: (a) Antes del terremoto, proveniente de imágenes de Google Earth de fecha 18 de mayo de 2026 y (b) Después del terremoto proveniente de YouTube, publicada por CNN Español, sitio web: https://www.youtube.com/watch?v=3hSnUZuDLm4. (Coordenadas del edificio caído: 10.613174°, -67.022818°)

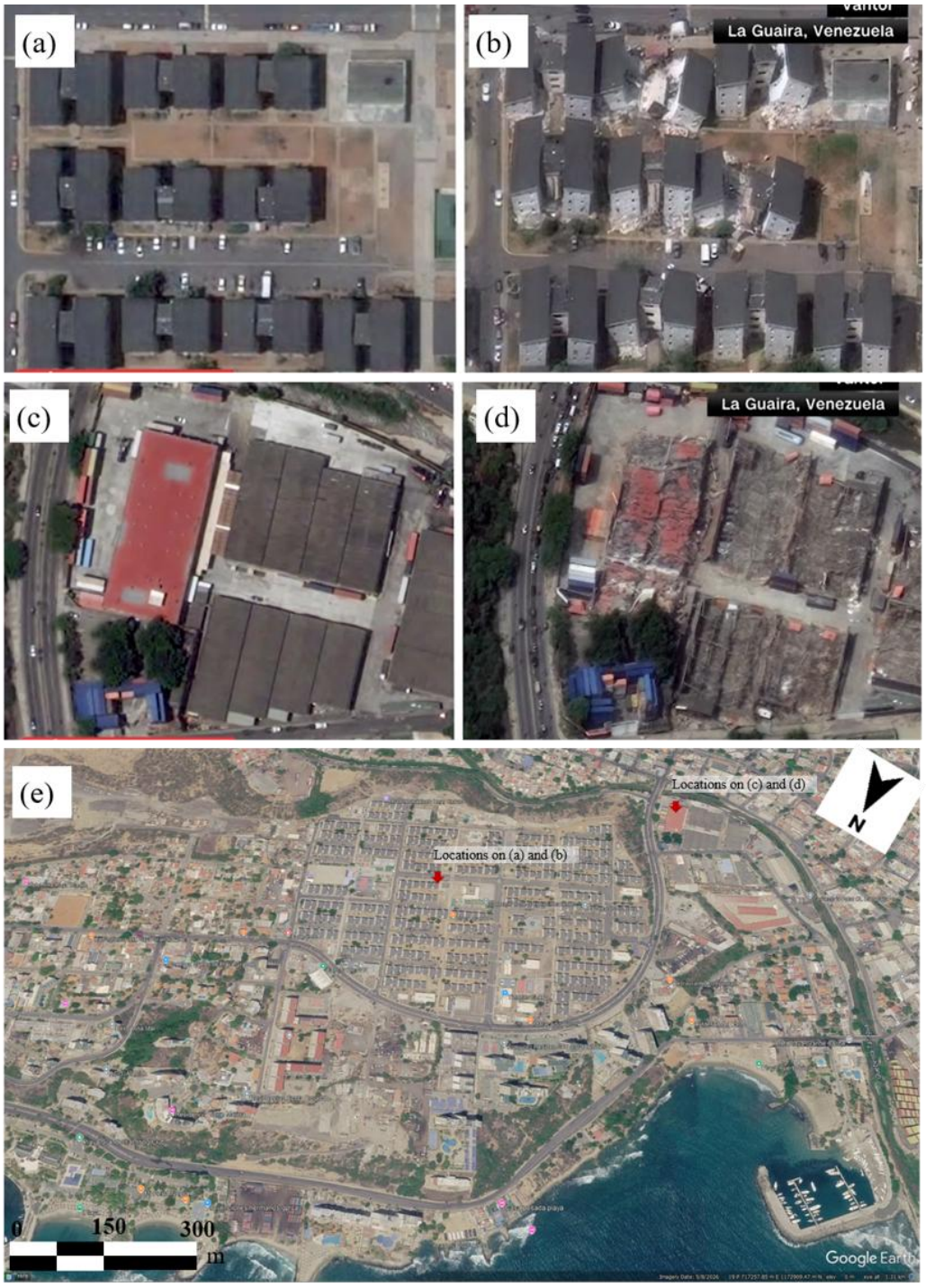


Figura 2-18. Edificios residenciales en La Guaira: (a) Antes del terremoto, proveniente de imágenes de Google Earth de fecha 8 de mayo de 2026 y (b) Después del terremoto, proveniente de YouTube, publicada por CNN Español (sitio web: https://www.youtube.com/watch?v=3hSnUZuDLm4) que muestra edificios inclinados en coordenadas 10.607062°, −67.022638°. Lugares cercanos: (c) Antes y (d) Después del terremoto, mostrando edificios derrumbados en coordenadas 10.604969°, −67.027677°)



Figura 2-19. Comparación de vuelos (a) Antes y (b) Después del terremoto, proveniente de YouTube, publicado por CNN Español, sitio web: https://www.youtube.com/watch?v=3hSnUZuDLm4. (Coordenadas de la redoma: 10609240°, -67,013953°)

2.2 Resumen de la evidencia fotográfica recopilada por la SVDG en La Guaira

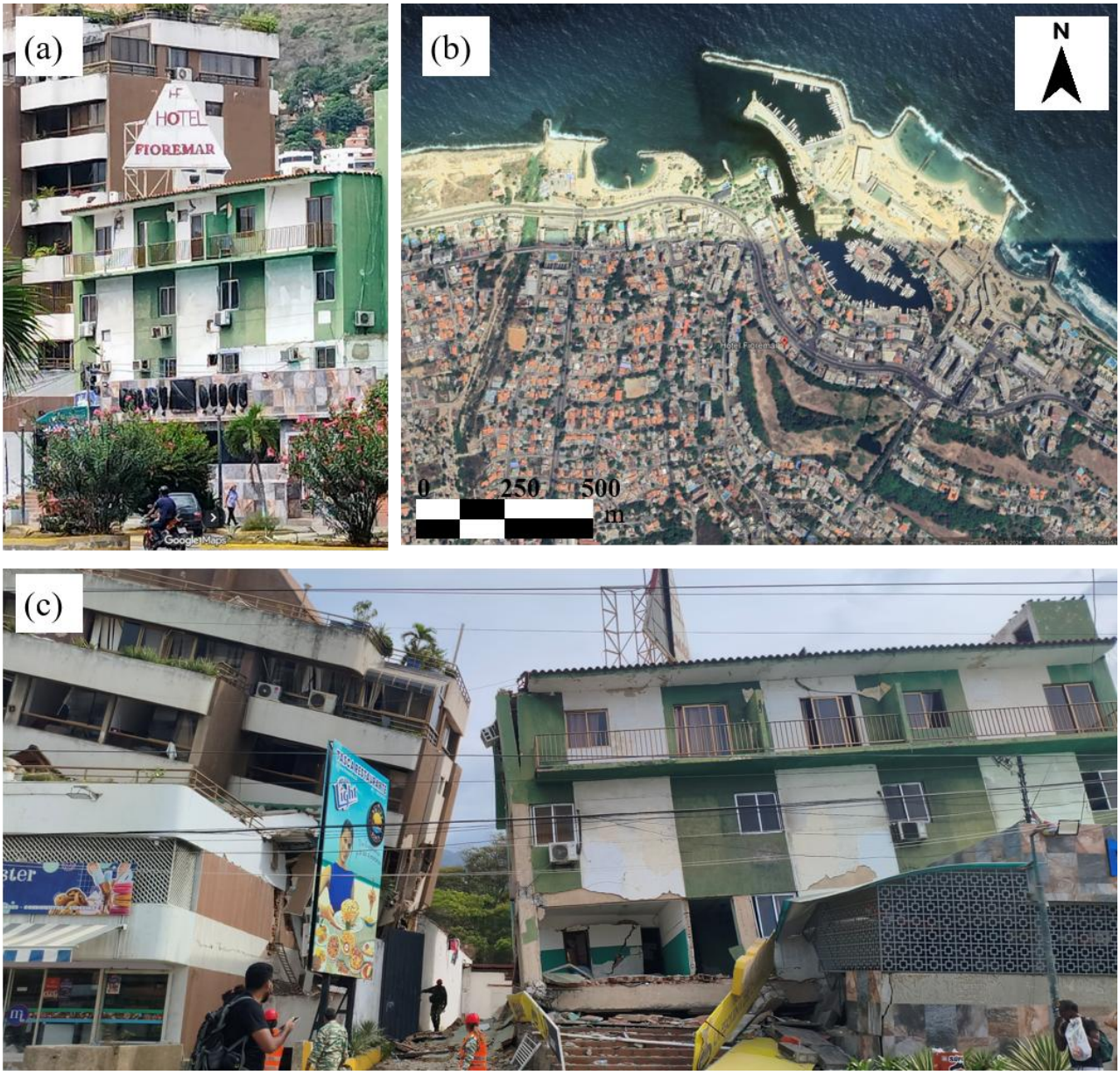


Figura 2-20. Hotel Fioremar (a) Antes de los terremotos según imágenes aéreas de Google Earth de fecha 13 de mayo de 2024 (10.615479°, −66.844534°); (b, c) después de los terremotos. Fuente: SVDG



Figura 2-21. Bahía de los Niños (a) Antes de los terremotos según imágenes aéreas de Google Earth de fecha 13 de mayo de 2024 (10.614823°, −66.862014°); (b,c) después de los terremotos. Fuente: SVDG



Figura 2-22. (a,b) Bahía de los Niños. Fuente: SVDG

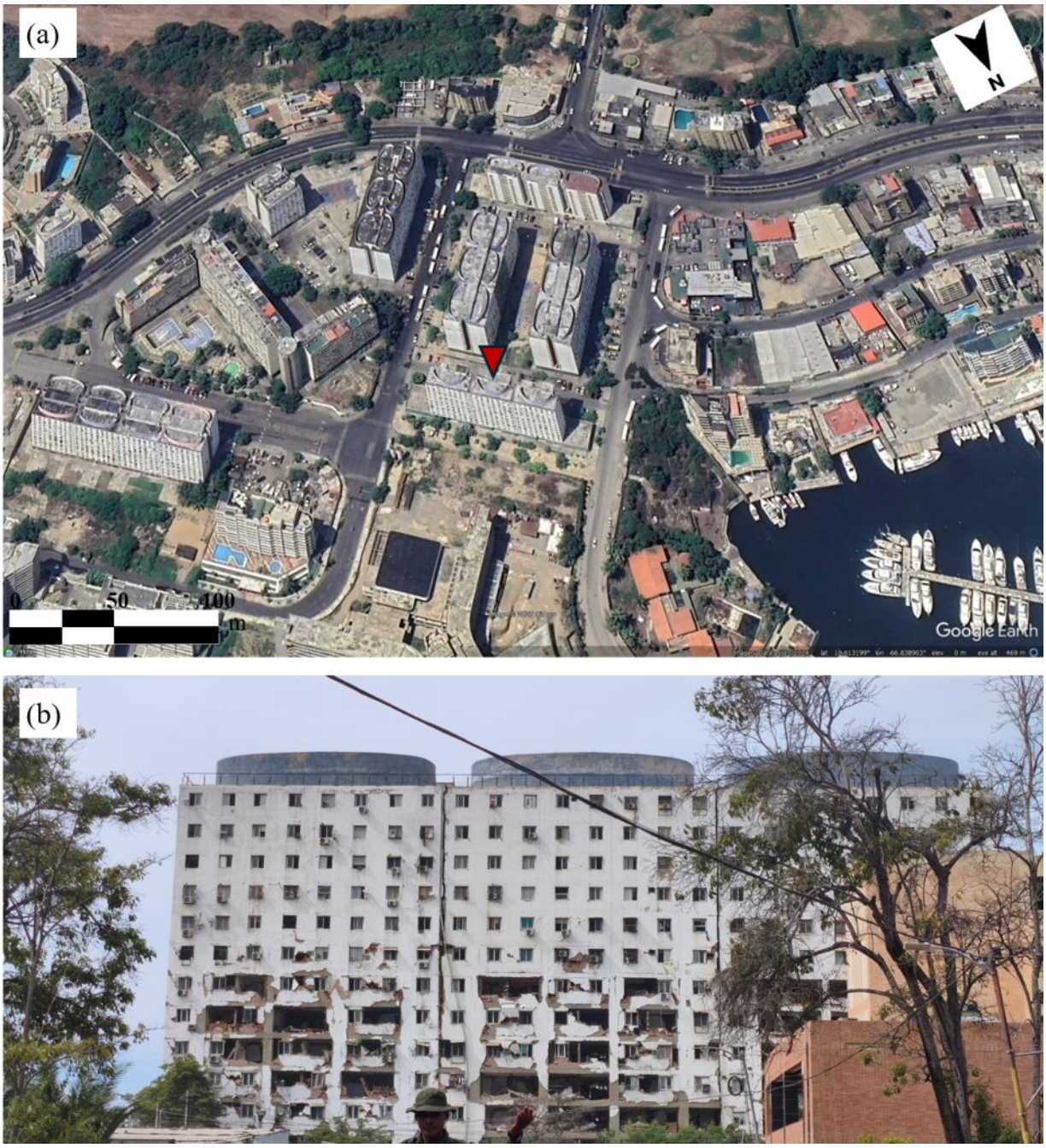


Figura 2-23. Torres El Caribe Misión Vivienda (a) Antes de los terremotos según imágenes aéreas de Google Earth de fecha 13 de mayo de 2024, ubicación aproximada 10.615379°, −66.840113°, y (b) después de los terremotos. Fuente: SVDG



Figura 2-24. Centro Comercial Costa del Sol (a) Antes de los terremotos según imágenes aéreas de Google Earth de fecha 13 de mayo de 2024, ubicación 10.618215°, −66.845968°, y (b) después de los terremotos. Se añadió un triángulo rojo como marcador en el centro comercial a modo de referencia. Fuente: SVDG

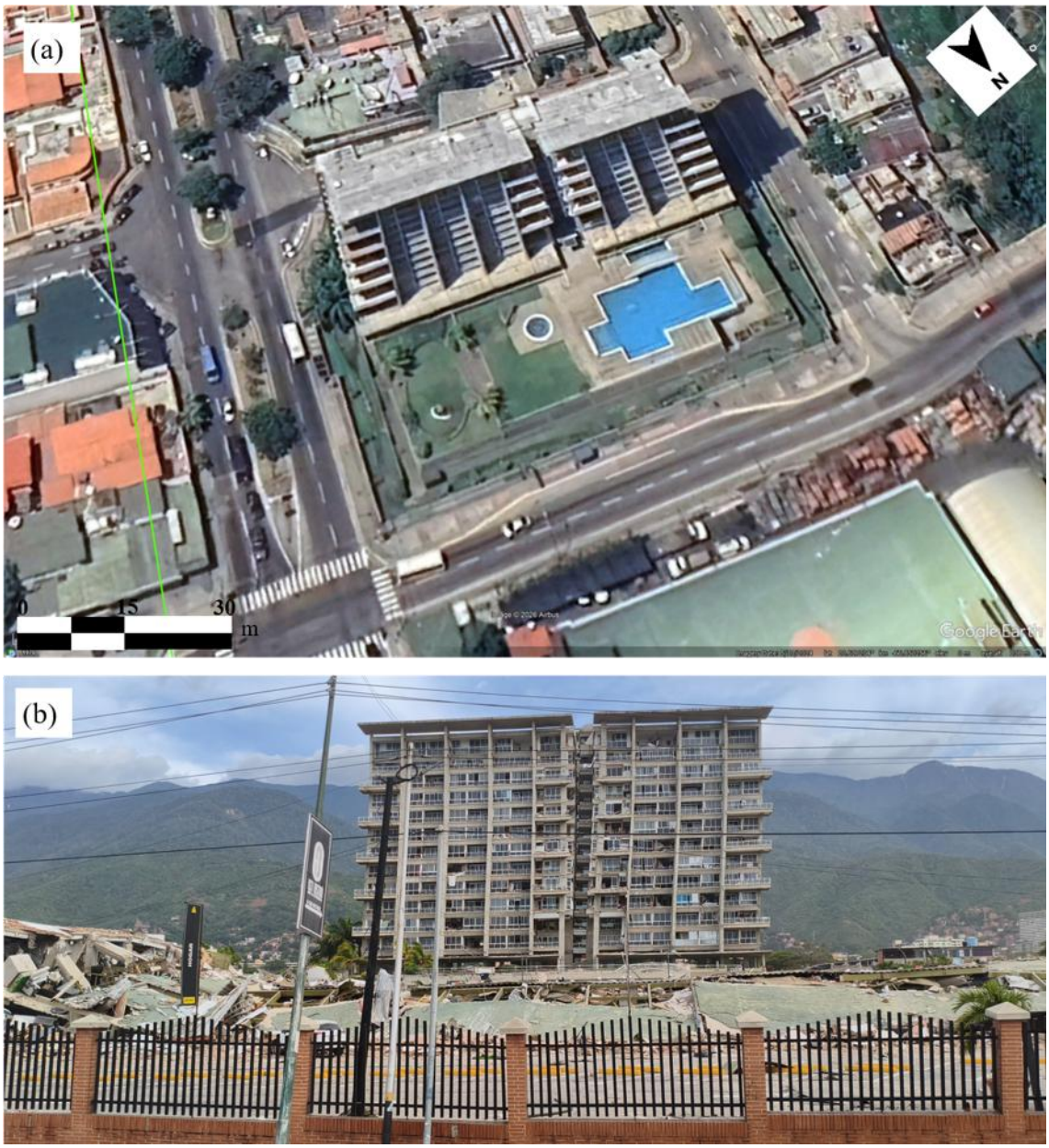


Figura 2-25. Residencias Costa Bella (a) Antes de los terremotos según imágenes aéreas de Google Earth de fecha 13 de mayo de 2024, ubicación 10.617858°, −66.850622° y (b) después de los terremotos. Fuente: SVDG

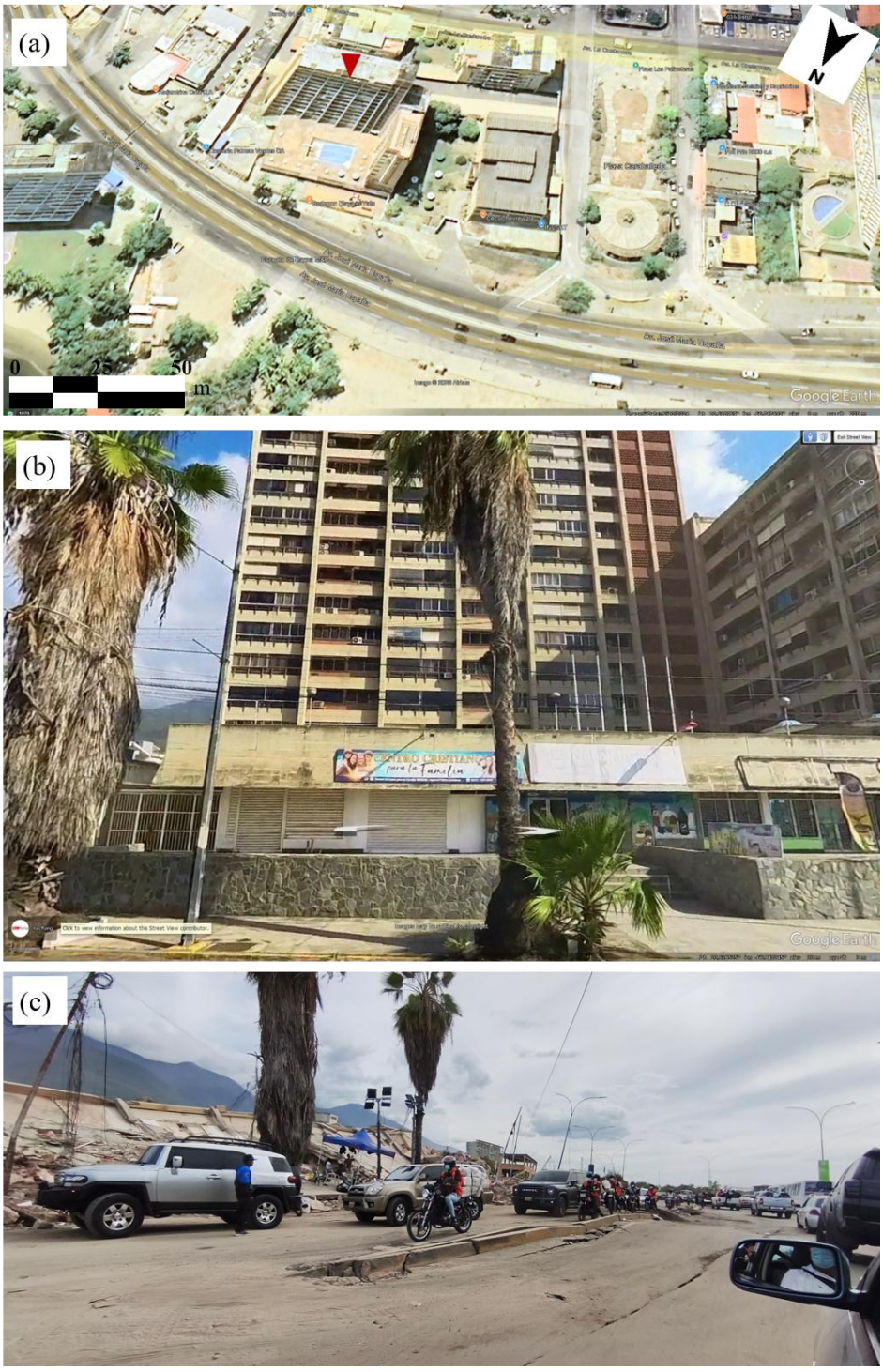


Figura 2-26. A lo largo de la Avenida José María España, mirando hacia el Bodegón Playa el Yate (a,b) Antes de los terremotos según imágenes aéreas de Google Earth de fecha 13 de mayo de 2024, ubicación 10.619220°, −66.847192° y (c) después de los terremotos. Fuente: SVDG



Figura 2-27. Edificio Residencias Vistamar, a lo largo de la Avenida José María España (a) Antes de los terremotos según imágenes aéreas de Google Earth de fecha 13 de mayo de 2024, ubicación 10.618783°, −66.848646° y (b) después de los terremotos. Fuente: SVDG



Figura 2-28. Residencia Mariola (a) Antes de los terremotos según Google Earth desde la Avenida Costanera, de fecha 13 de mayo de 2024, ubicación 10.618516°, −66.847591° (b) Antes de los terremotos desde la Avenida José María España y (c) después de los terremotos. Fuente: SVDG



Figura 2-29. Desprendimiento lateral inducido por licuación a lo largo de la Av. José María España, esquina este del centro comercial Doña Bárbara (a) Antes de los terremotos, según imágenes aéreas de Google Earth de fecha 13 de mayo de 2024, ubicación 10.619014°, −66.851115° y (b) Antes de los terremotos, vista hacia el oeste, y (c) después de los terremotos, vista hacia el oeste. Fuente: SVDG



Figura 2-30. (a) Antes y (b,c) después de los terremotos en las afueras del centro comercial Doña Bárbara. Coordenadas: 10.618944°, -66.850752°. Fuente: SVDG

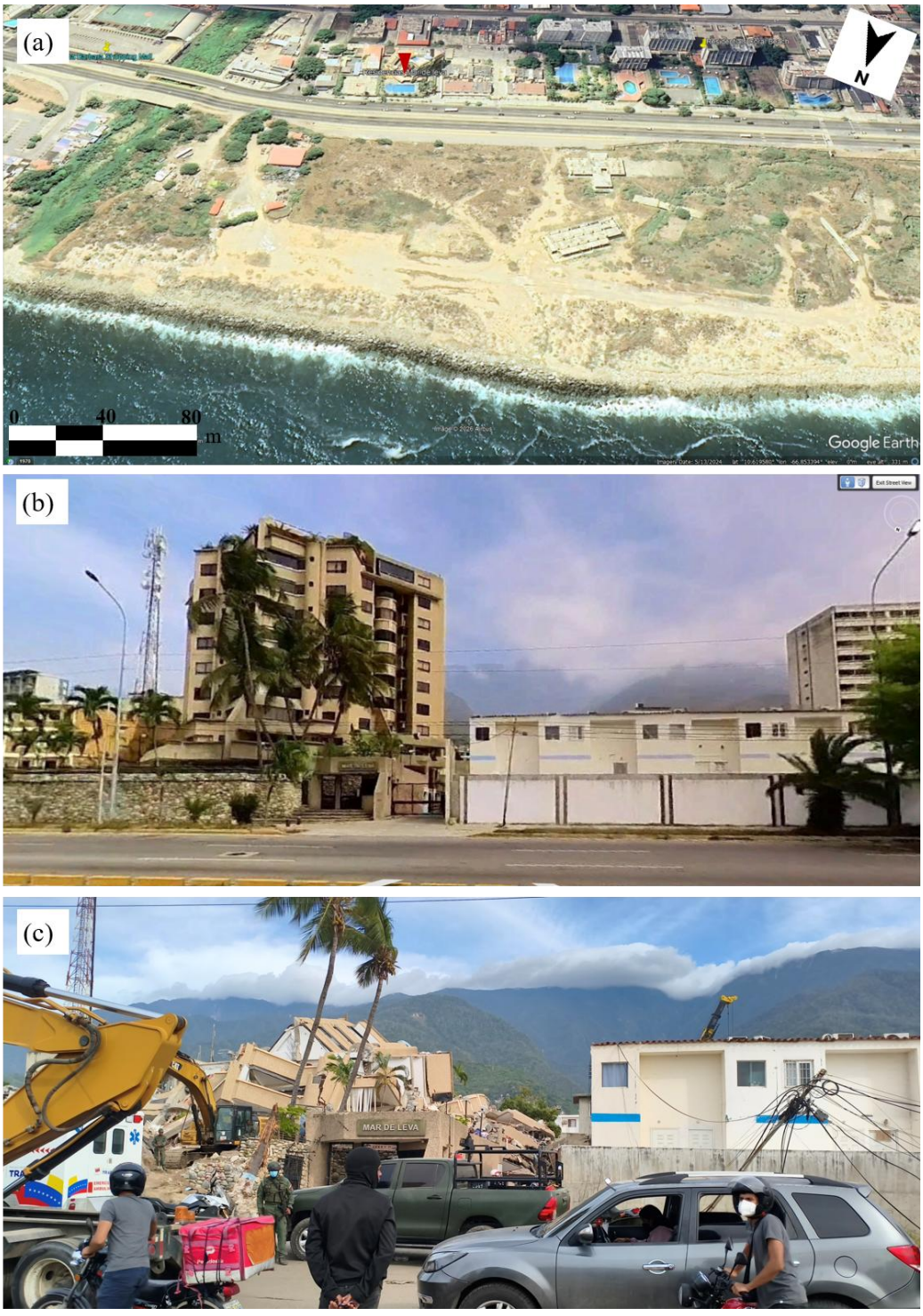


Figura 2-31. Residencias Mar de Leva (a) Antes de los terremotos según imágenes aéreas de Google Earth de fecha 30 de abril de 2024, ubicación 10.618594°, −66.852742° y (b) Antes de los terremotos, vista hacia el sur, y (c) después de los terremotos, vista hacia el sur. Fuente: SVDG



Figura 2-32. Residencias Auromar (a) Antes de los terremotos según imágenes aéreas de Google Earth de fecha 13 de mayo de 2024, ubicación 10.614899°, −66.836234°, (b) proveniente de Google Earth, desde la calle La Plata, y (c) después de los terremotos desde la misma calle. Fuente: SVDG

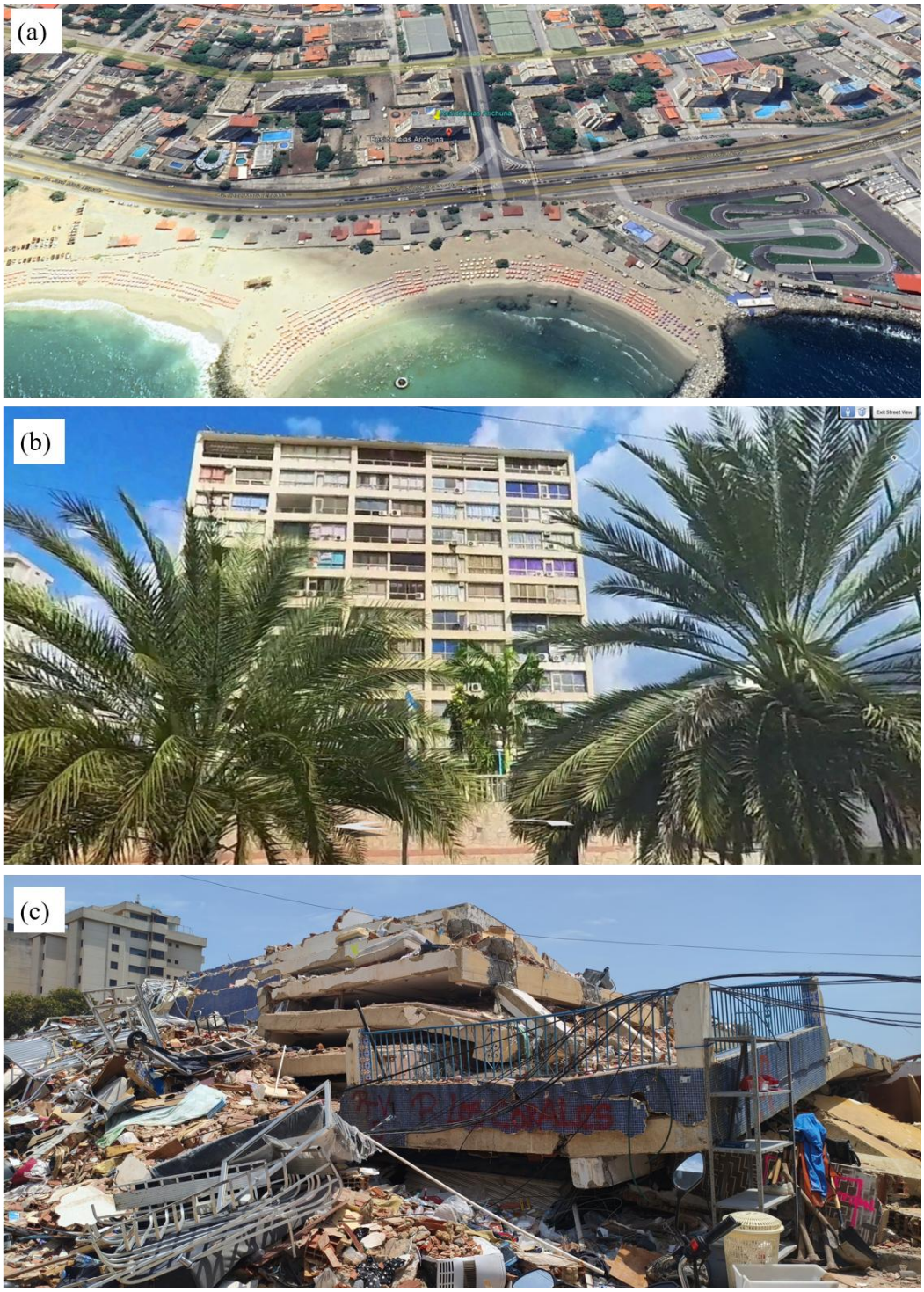


Figura 2-33. Residencias Airchuna (a) Antes de los terremotos según imágenes aéreas de Google Earth de fecha 13 de mayo de 2024, ubicación 10.616960°, -66.857965° ,(b) proveniente de Google Earth, antes del terremoto, y (c) después de los terremotos. Fuente: SVDG

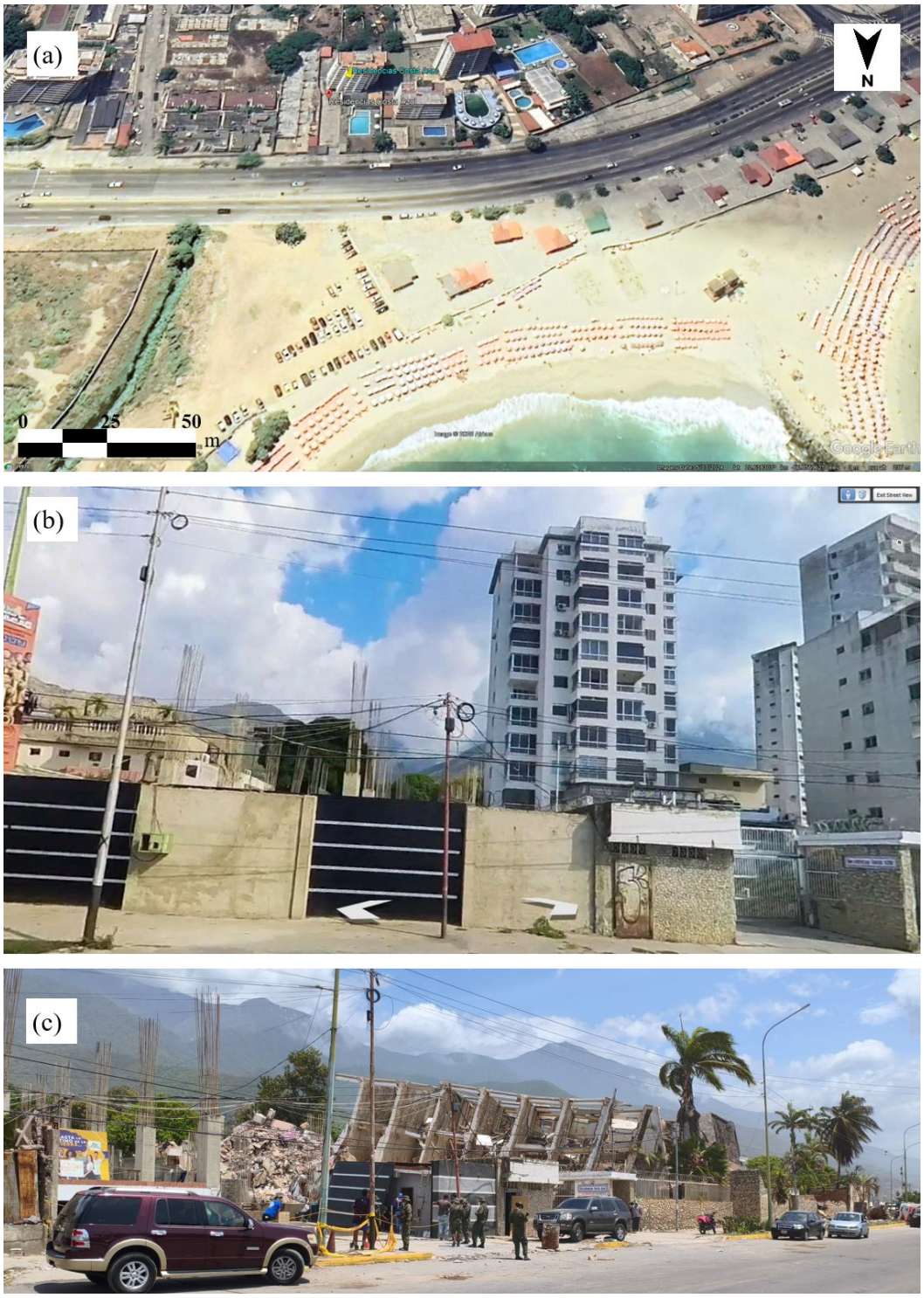


Figura 2-34. Residencias Costa Azul (a) Antes de los terremotos según imágenes aéreas de Google Earth de fecha 13 de mayo de 2024, ubicación 10.617851°, −66.856446° (b) provenientes de Google Earth, antes de los terremotos, y (c) después de los terremotos. Fuente: SVDG



Figura 2-35. Muro de contención anclado cerca del edificio El Jurel (a) Antes de los terremotos según imágenes aéreas de Google Earth de fecha 8 de mayo de 2026, ubicación 10.610197°, −67.008568° (b,c) imágenes después del terremoto. Fuente: SVDG



Figura 2-36. (a,b,c) Marina de Caraballeda, coordenadas 10.619951°, −66.843447°. Fuente: SVDG

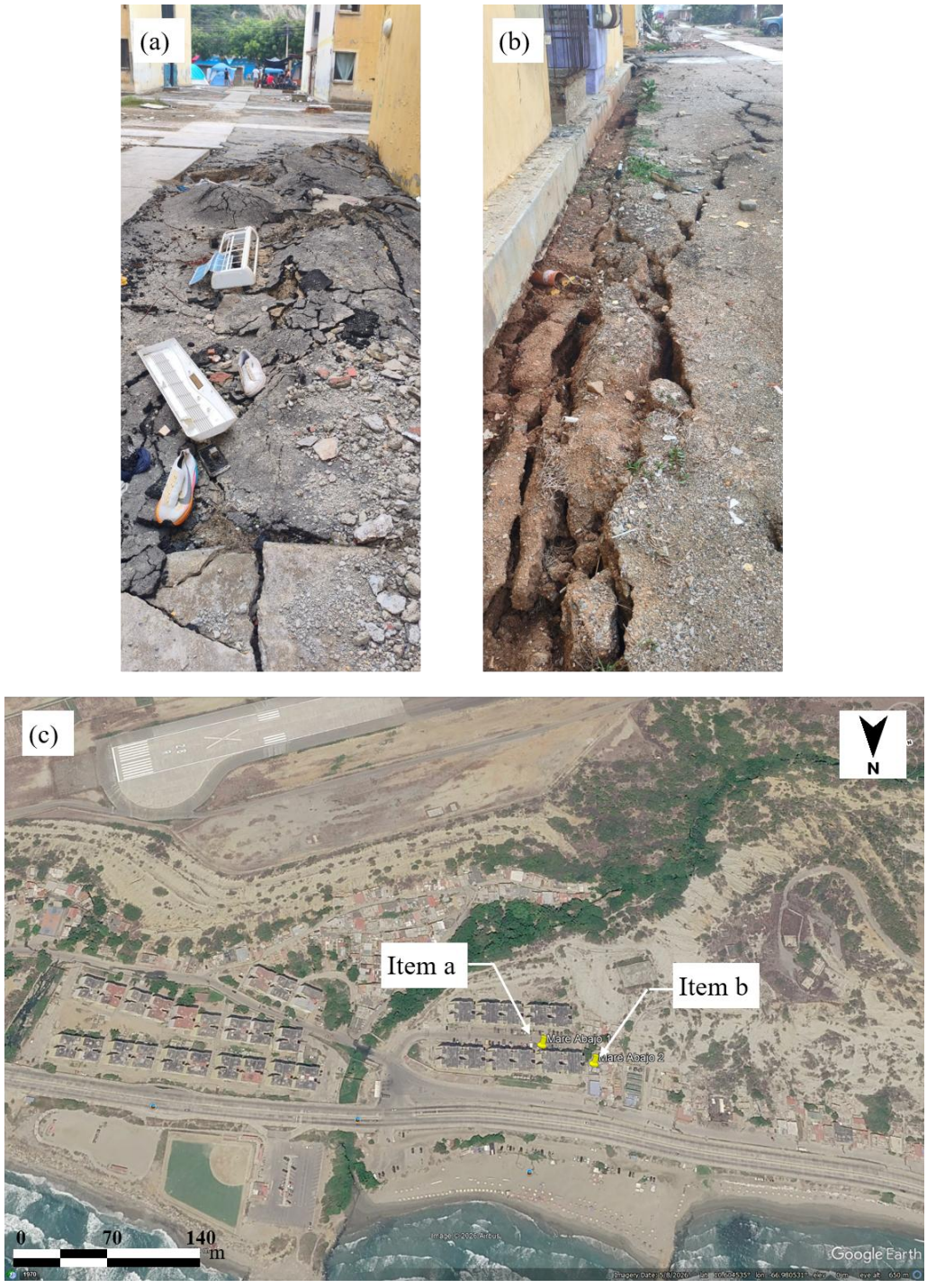


Figura 2-37. (a,b) Falla del terreno cerca de edificios de cuatro pisos ubicados en el área de Mare Abajo, coordenadas 10.608454°, -66.983710° y 10.608705°, −66.984050°, (c) Vista aérea tomada de Google Earth de fecha 8 de mayo de 2026 con una ubicación aproximada de las imágenes en los elementos a y b. Fuente: SVDG



Figura 2-38. (a) Falla de la carretera a lo largo de la calle José María Vargas, coordenadas aproximadas 10.610380°, −66.996350° (b) Vista aérea tomada de Google Earth de fecha 8 de mayo de 2026. Fuente: SVDG



Figura 2-39. (a) Falla de la carretera a lo largo de la calle José María Vargas, aproximadamente 500 m al oeste de la entrada del puerto, coordenadas 10.604193°, −66.966580° (b) Vista aérea tomada de Google Earth de fecha 8 de mayo de 2026. Fuente: SVDG

2.3 Investigación del subsuelo: pozos de sondeo y ensayos de laboratorio

Entre el 10 y el 23 de julio de 2026, FUNDALANAVIAL (Fundación Laboratorio Nacional de Vialidad, institución del gobierno venezolano vinculada al Ministerio de Obras Públicas) llevó a cabo una investigación limitada del subsuelo en la Urbanización Hugo Chávez. Francisco Pinto, del equipo de campo de GEER (fase I), estuvo presente mientras se avanzaba con algunas de las perforaciones.

El estudio incluyó el avance de cinco (5) perforaciones a una profundidad máxima de 5 metros (m) por debajo de la superficie del suelo y la ejecución de pruebas SPT en campo y análisis de laboratorio que incluían pruebas de contenido de humedad, distribución granulométrica y gravedad específica. Según se informó, todas las pruebas se hicieron de acuerdo con las normas ASTM. La Figura 2-40 muestra la ubicación de las exploraciones.



Figura 2-40. Lugares de exploración en el Urbanismo Hugo Chávez

Los materiales encontrados fueron arenas limosas (SM según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, USCS) y limos arenosos (ML) con una resistencia a la penetración del SPT entre media y muy alta (14 – 83 golpes/30 cm). En ninguna de las exploraciones se encontró agua subterránea. La Figura 2-41 muestra un ejemplo del material recogido en el muestreador para SPT.



Figura 2-41. Ejemplo de muestreador de tubo partido para SPT y material encontrado

2.4 Operaciones de vuelo de drones y datos a é reos

Como parte de las actividades de levantamiento, se hicieron estudios con UAV sobre la Urbanización Hugo Chávez. Los vuelos fueron realizados por Obras Públicas el 9 de julio de 2026 y se centraron principalmente en la documentación de edificios; actualmente se está revisando su utilidad desde una perspectiva geotécnica. En la Figura 2-42 se muestra una imagen de ejemplo de los vuelos de drones en esta zona.



Figura 2-42. Desprendimiento de taludes en el borde del terraplén del Urbanismo Hugo Chávez

El equipo de GEER también recibió fotografías aéreas a mayor altitud de las siguientes zonas:

- Playa Grande[2] (Figura 2-43)
- Caraballeda[3] (Figura 2-44)
- Macuto[4] (Figura 2-45)
- Catia La Mar[5] (Figura 2-46)
- Tanaguarena[6] (Figura 2-47)

[2] Dirección Conjunta de Geografía y Cartografía de la Fuerza Armada Nacional Bolivariana (DICGECAFANB). Procesamiento técnico, modelado 3D y análisis geoespacial realizado por DATA DRONE, C.A. (Píxel de dron) en alianza con ESRI. Información de uso restringido, autorizada exclusivamente para el apoyo táctico de cuerpos de rescate, Protección Civil y autoridades competentes. Fecha del vuelo 28/06/2026

[3] Dirección Conjunta de Geografía y Cartografía de la Fuerza Armada Nacional Bolivariana (DICGECAFANB)

[4] Dirección Conjunta de Geografía y Cartografía de la Fuerza Armada Nacional Bolivariana (DICGECAFANB). Procesamiento técnico, modelado 3D y análisis geoespacial realizado por DATA DRONE, C.A. (Píxel de dron) en alianza con ESRI. Información de uso restringido, autorizada exclusivamente para el apoyo táctico de cuerpos de rescate, Protección Civil y autoridades competentes. Fecha de los vuelos 01 y 03/07/2026

[5] Dirección Conjunta de Geografía y Cartografía de la Fuerza Armada Nacional Bolivariana (DICGECAFANB). Procesamiento técnico, modelado 3D y análisis geoespacial realizado por DATA DRONE, C.A. (Píxel de dron) en alianza con ESRI. Información de uso restringido, autorizada exclusivamente para el apoyo táctico de cuerpos de rescate, Protección Civil y autoridades competentes. Fecha del vuelo 29/06/2026

[6] Dirección Conjunta de Geografía y Cartografía de la Fuerza Armada Nacional Bolivariana (DICGECAFANB). Procesamiento técnico, modelado 3D y análisis geoespacial realizado por DATA DRONE, C.A. (Píxel de dron) en

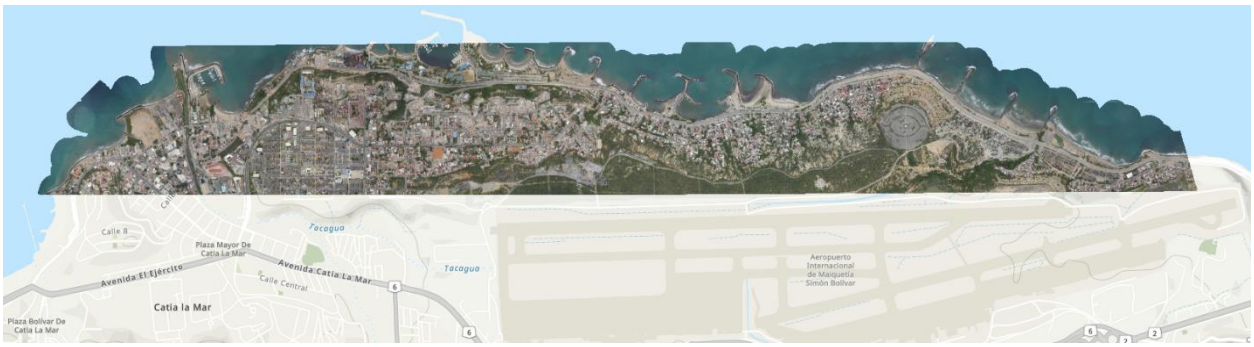


Figura 2-43. Alcance de las imágenes de drones en el área de Playa Grande

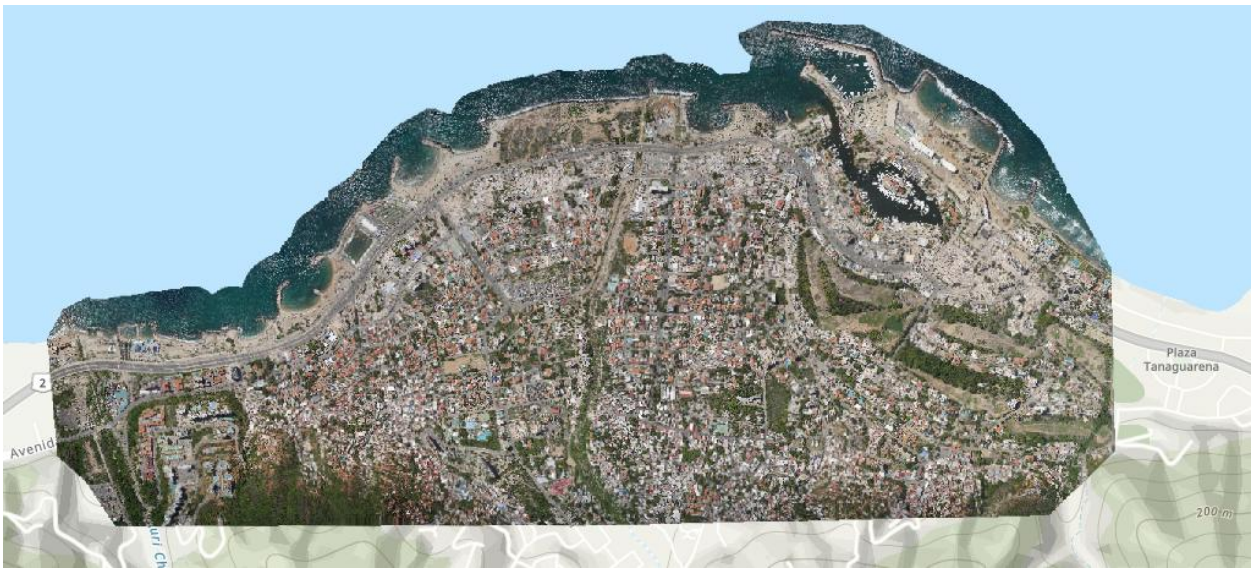


Figura 2-44. Alcance de las imágenes de drones en el área de Caraballeda

alianza con ESRI. Información de uso restringido, autorizada exclusivamente para el apoyo táctico de cuerpos de rescate, Protección Civil y autoridades competentes. Vuelo 30/06/2026



Figura 2-45. Alcance de las imágenes de drones en el área de Macuto



Figura 2-46. Alcance de las imágenes de drones para el área de Catia La Mar



Figura 2-47. Alcance de las imágenes de drones en el área de Tanaguarena

Las siguientes ubicaciones también incluyeron levantamientos aéreos detallados adicionales:

- Carretera detrás del edificio El Jurel [7] (Figura 2-48)
- Edificio Torre Marina[8] (Figura 2-48 y Figura 2-49)

[7] Dirección Conjunta de Geografía y Cartografía de la Fuerza Armada Nacional Bolivariana (DICGECAFANB). Procesamiento técnico, modelado 3D y análisis geoespacial realizado por DATA DRONE, C.A. (Píxel de dron) en alianza con ESRI. Información de uso restringido, autorizada exclusivamente para el apoyo táctico de cuerpos de rescate, Protección Civil y autoridades competentes. Fecha del vuelo 28/06/2026

[8] 23/07/2026 Levantamiento realizado por Data Drone, C.A.



Figura 2-48. Alcance de las imágenes de drones para el edificio Torre Marina



Figura 2-49. Calle detrás del edificio El Jurel



Figura 2-50. Desprendimientos del terreno debajo del edificio Torre Marina

2.5 Inspecciones de las presas

La cordillera costera de Venezuela (Cordillera de la Costa) ha estado sujeta históricamente a inundaciones recurrentes y aludes torrenciales. El desastre de Vargas en diciembre de 1999 desencadenó una importante respuesta de ingeniería que incluyó la construcción de 63 presas de retención de sedimentos y la canalización de 25 cauces de agua entre 2000 y 2008, todo ello diseñado para proteger a las comunidades ubicadas en zonas de alto riesgo.

Se evaluó el estado actual de estas presas de retención de sedimentos, teniendo en cuenta el impacto potencial de los eventos sísmicos en sus estructuras y el riesgo de que los deslizamientos de tierra provocados por los terremotos generen flujos de detritos adicionales. Obras Públicas y el personal de la UCV facilitaron a los colaboradores de GEER (Pascual Perazzo) el acceso y el transporte para visitar varias presas de retención de sedimentos en La Guaira. Se están llevando a cabo inspecciones de 61 presas de escombros distribuidas en 26 cuencas hidrográficas (Figura 2-51). La Tabla 2-5 documenta la ubicación general de estas presas de sedimentos. Algunas de estas presas ya han sido inspeccionadas y los detalles se incluyen en la Sección 12.

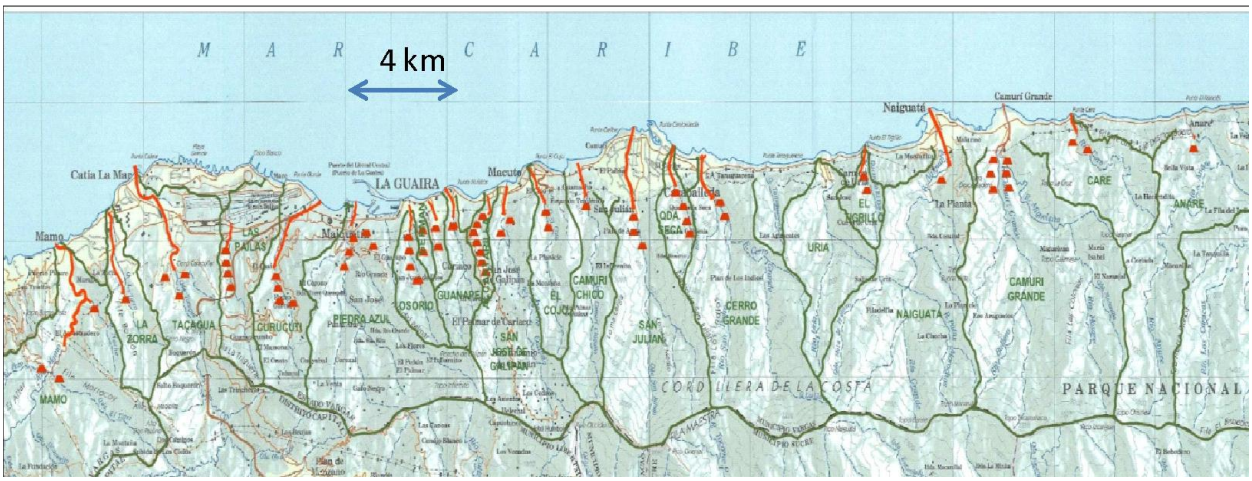


Figura 2-51. Cuencas hidrográficas (líneas) y presas de retención de sedimentos (marcadores rojos) en el Litoral Central. Fuente: López 2010

Tabla 2-5. Las presas de retención de sedimentos se inspeccionarán en agosto de 2026

Número	Cuenca hidrográfica / Corriente de agua	Ubicación	Nro. de presas
1	Quebrada El Piache	Catia La Mar	1
2	Quebrada El Pozo	Catia La Mar	1
3	Quebrada El Tigre	Catia La Mar	1
4	Quebrada La Zorra	Catia La Mar	1
5	Quebrada Tacagua	Catia La Mar	3
6	Quebrada Las Pailas	Maiquetía	4
7	Quebrada Piedra Azul	Maiquetía	3
8	Quebrada Curucutí	Maiquetía	4
9	Quebrada Dos Comadres	Maiquetía	2
10	Quebrada Osorio	La Guaira	4
11	Quebrada Germán	La Guaira	2
12	Quebrada Cariaco	La Guaira	2
13	Quebrada Guanape	La Guaira	1
14	Quebrada Alcantarilla	Macuto	7
15	Río San José de Galipán	Macuto	2
16	Río El Cojo	Macuto	2
17	Río Camurí Chico	Camurí Chico	1
18	Río San Julián	Caraballeda	3
19	Quebrada Seca	Caraballeda	4
20	Río Cerro Grande	Tanaguarena	2

Número	Cuenca hidrográfica / Corriente de agua	Ubicación	Nro. de presas
21	Quebrada El Tigrillo	Tanaguarena	2
22	Río Naiguatá	Naiguatá	1
23	Río Camurí Grande	Camurí Grande	3
24	Río Migueleno	Camurí Grande	3
25	Quebrada Care	Care	2
26	Río Anare	Anare	2

2.6 Referencias

López, J.L. 2010, "Lecciones Aprendidas del Desastre de Vargas", Edición UCV-Fundación Polar.

Martínez, C. (2026). Conjunto de datos de daños en edificios de crisisvenezuela.org, terremotos de Venezuela del 24 de junio de 2026. Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.21154222

3. TECTÓNICA REGIONAL

Tabla 3-1. Autores principales de esta sección

Nombre	Afiliación
Eduardo Carrillo	Profesional, Consultores Geosyntec, EE. UU.

3.1 Resumen

Los sismos del 24 de junio de 2026 en el norte de Venezuela ocurrieron dentro del complejo límite de la placa Caribe-Sudamérica, donde la deformación es absorbida por el Bloque Norte Andino y distribuida a través de importantes sistemas de fallas transpresivas dextrales (Audemard, 2002). Se interpreta que la secuencia se inició a lo largo del Sistema de Fallas de Boconó con un sismo de magnitud 7.2 y posteriormente se propagó hacia el noreste hasta la Falla de San Sebastián, donde un sismo de mayor magnitud, 7.5, tuvo un gran impacto a lo largo de la costa centro-norte de Venezuela y el Área Metropolitana. Las evidencias geológicas, geodésicas y sismotectónicas indican que el sistema de fallas Boconó-San Sebastián-El Pilar concentra gran parte del movimiento relativo entre la placa del Caribe y los bloques de Maracaibo, Bonaire, y la placa suramericana. La sismicidad histórica, donde se incluyen los sismos destructores de 1812, 1900 y 1967, junto con las investigaciones paleosísmicas a lo largo de la falla de Boconó, demuestran que este sistema de fallas a lo largo del límites sur de la Placa Caribe ha generado sismos de gran magnitud con recurrencias de cientos o miles de años (Pousse-Beltran et al., 2017: Pérez et al., 2018; Audemard et al., 2000; Audemard, 2002; y Hernández y Schmitz, 2023). La aparente superposición espacial entre las rupturas de 1812 y 2026 sugiere que los sismos de magnitud 7.2 y 7.5 de 2026 podrían representar un ciclo sísmico recurrente que afecta a la zona de Caracas-La Guaira. Estos hallazgos ponen en evidencia el peligro sísmico que representan las fallas de transcurrentes y transpresivas activas en el norte de Venezuela, particularmente donde la ruptura de fallas, la amplificación de cuenca y el denso desarrollo urbano interactúan para aumentar el riesgo sismico.

3.2 Contexto tectónico y geodinámico

Los sismos del 24 de junio de 2026 ocurrieron en el complejo límite sur de la placa Caribe, dominado por la interacción entre la placa Caribe con las placas Sudamericana y de Nazca dentro de una amplia zona de deformación comúnmente conocida como el Bloque Norte Andino (NAB) (Audemard, 2002). Los estudios geodésicos y geológicos indican que el NAB se comporta como una unidad tectónica independiente, en lugar de ser un componente rígido de la Placa Sudamericana. La convergencia entre placas y el desplazamiento lateral dextral en curso han dado como resultado la migración hacia el noreste de este dominio cortical en relación con la placa Sudamérica estable (Audemard 2002; Trenkamp et al., 2002). En el oeste y norte de Venezuela, los esfuerzos asociados a este limite de placa se divide entre varias sistemas fallas regionales que definen los bloques de Maracaibo y Bonaire, y son absorvidos por varios sistemas de fallas

transpresivas a lo largo del complejo límite sur de la placa del Caribe (Pennington, 1981; Trenkamp et al., 2002; Pousse-Beltran et al., 2017) (Figura 3-1).

Este límite de placas tectónicas da lugar a uno de los elementos fisiográficos más importantes del norte de Venezuela, conocido como La Cordillera de la Costa. La Cordillera de la Costa está compuesta por dos dominios fisiográficos con orientación este-oeste, un cinturón norte y otro sur, separados por la falla de La Victoria, que actualmente tiene un desplazamiento dextral (Figura 3-2). El dominio norte, conocido como la Serranía Costera, forma el sector topográfico más elevado de la sierra y comprende, de norte a sur, los cinturones de Tacagua y Carayaca, el Cinturón del Ávila, formado predominantemente por rocas del basamento félsico paleozoico y más antiguas, y el Cinturón de Caracas, compuesto principalmente por rocas metasedimentarias. Los protolitos de estas secuencias metasedimentarias generalmente se interpretan como representativos de los depósitos del Jurásico Superior al Cretácico de un margen continental pasivo orientado al norte que posteriormente sufrió metamorfismo durante el Paleógeno (Pindell et al., 2025).

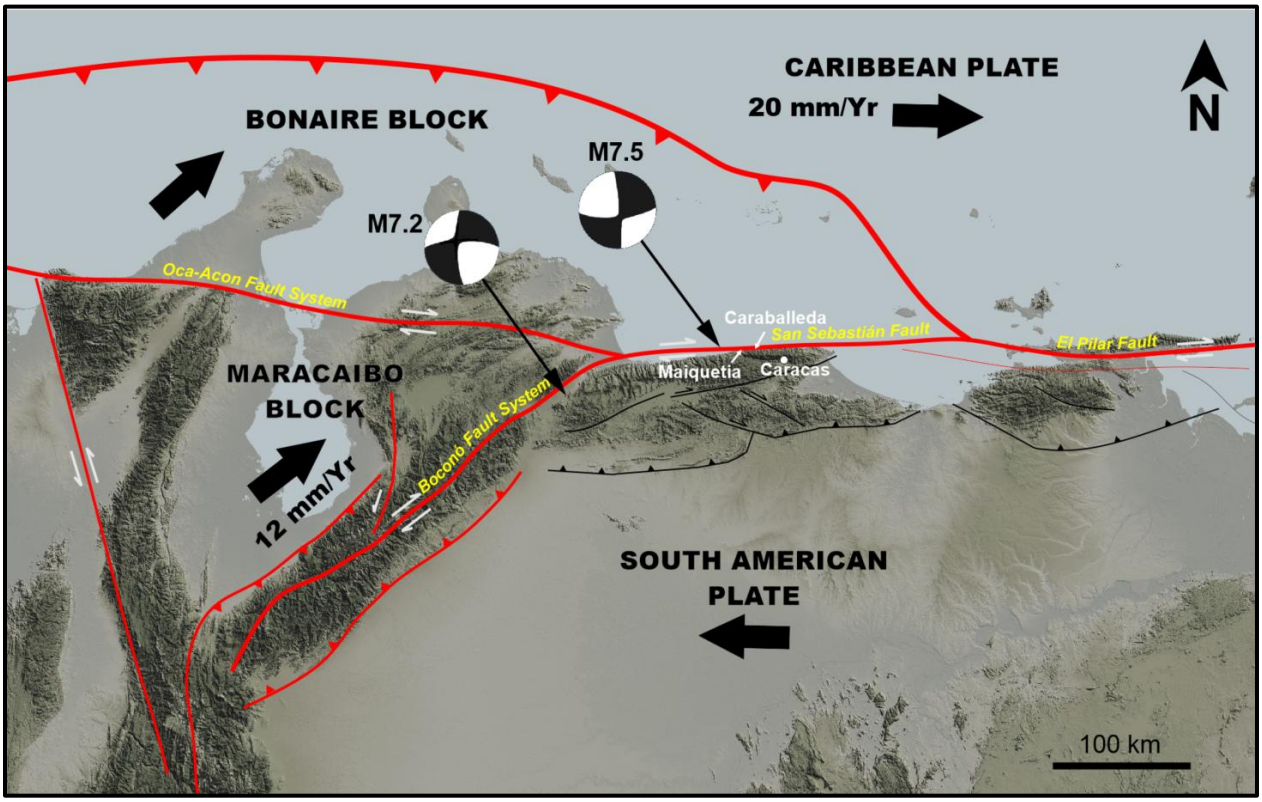


Figura 3-1. Contexto tectónico de los sismos del 24 de junio en el norte de Sudamérica. Los principales sistemas de fallas asociados al límite sur de la placa del Caribe están resaltados en rojo. La ubicación de los dos epicentros y los mecanismos focales según USGS (2026a) y USGS (2026b). Características estructurales tomadas de Audemard y Audemard (2002). Vectores geodésicos y tasas de desplazamiento según Mora-Páez y Audemard (2021), Pérez et al. (2018) y Pérez et al. (2001).

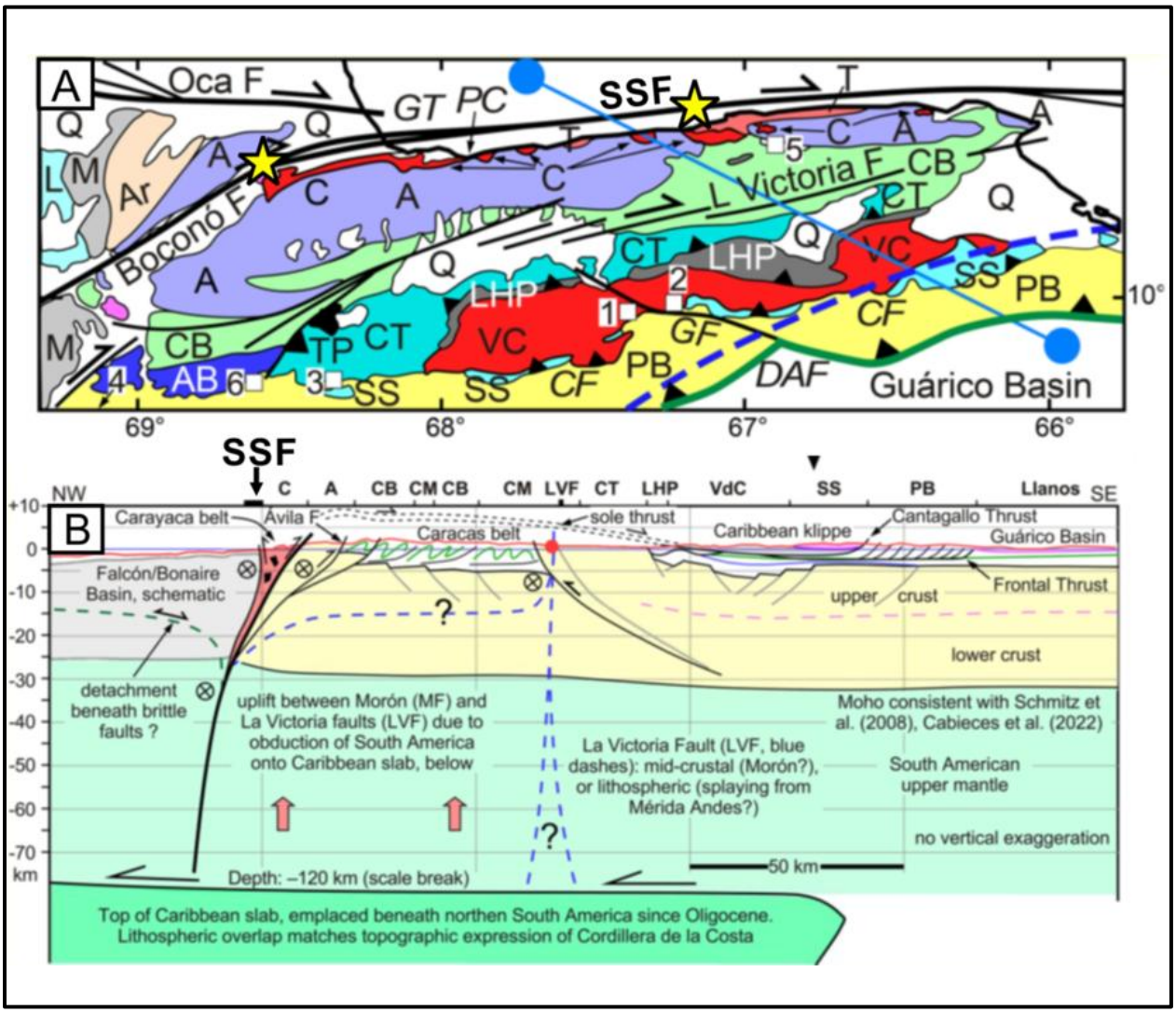


Figura 3-2. Mapa geológico simplificado (A) y sección transversal tectónica (B) del límite de la placa Caribe-Sudamérica a través de la región centro-norte de Venezuela, adaptados de Pindell et al. (2025). El marco tectonoestratigráfico del norte de Venezuela comprende el Terreno de Ávila (A), Terreno de Agua Blanca (AB), Terreno de Aroa (Ar), Terreno de Carayaca (C), Terreno de San Sebastián (SS), Terreno de Tacagua (T), Terreno de Los Cristales (M) y Terreno de Villa de Cura (VC). Entre los principales elementos estructurales se destacan el Cinturón de Caracas (CB), el Cinturón Caucagua-El Tinaco (CT), el Cinturón Loma de Hierro-Paracotos (LHP) y el Cinturón del Piamonte (PB), así como los principales sistemas de fallas como la Falla de Cantagallo (CF) y la Falla de Guárico (GF). Otras características geológicas significativas representadas en la región son las Napas de Lara (L), Puerto Cabello (PC), Golfo Triste (GT) y la Peridotita de Tinaquillo (TP). Los depósitos cuaternarios están indicados con la letra Q. Este conjunto de terrenos, cinturones tectónicos, fallas y unidades litológicas registra la compleja evolución tectónica de la Cordillera de la Costa venezolana y las regiones adyacentes.

La geodesia satelital ha demostrado que el Bloque de Maracaibo se está moviendo actualmente en dirección norte-noreste con respecto a la Placa Sudamericana a velocidades del orden de 9 a 13 milímetros por año (mm/año) y una tasa de compresión de ~2 a 4 mm/año (Perez et al., 2001; Pérez et al., 2018; Reinoza et al., 2020; Pousse-Beltran et al., 2017), mientras que la placa del Caribe se mueve ~20 mm/año hacia el este con respecto a Sudamérica (p.ej., Perez et al., 2011 y Weber et al., 2001, Mora-Páez y Audemard, 2021). Los análisis de la tasa de desplazamiento lateral a largo plazo indican que la falla puede absorber la mayor parte del movimiento relativo entre el Bloque de Maracaibo, el Bloque de Bonaire, la Placa del Caribe y la Placa estable de Sudamérica, lo que resalta la concentración de la deformación a lo largo de los principales sistemas de fallas dextrales de desplazmiento lateral, incluidos los sistemas de fallas de Boconó, Oca-Ancon, San Sebastián y El Pilar (Pérez et al., 2001; Audemard 2002; Reinoza, 2020).

El epicentro del primer sismo, de magnitud 7.2, se localizó en el Sistema de Fallas de Boconó, una de las principales estructuras que controlan la deformación de la corteza terrestre en Venezuela. Este sistema de fallas de desplazamiento lateral dextral se extiende aproximadamente 500 km desde la frontera colombo-venezolana a través de los Andes venezolanos y continúa en la región de Yaracuy, donde se fusiona hacia el noreste con el Sistema de Fallas de San Sebastián (Audemard et al., 2000; Audemard y Audemard, 2002; Pousse-Beltran et al., 2017).
La fractura cosísmica del terremoto de magnitud 7.2 del 24 de junio de 2026 se propagó a lo largo de la continuación noreste de la falla de Boconó costa afuera, conocida como la falla de San Sebastián, donde ocurrió el segundo y más destructivo de los sismos, de magnitud 7.5. La falla de San Sebastián es un sistema de fallas de desplazamiento lateral dextral que se extiende de este a oeste por aproximadamente 470 km, desde la región de Morón-Puerto Cabello hasta el golfo de Araya en el este de Venezuela, definiendo el límite sur de la placa del Caribe (Schubert y Krause, 1984; Audemard, 2000; Colón et al., 2015; Colón-Useche et al., 2021). Se ha estimado que el desplazamiento lateral dextral de la falla de San Sebastián es de 17 mm/año (Pérez et al., 2018) generando la mayoría de los terremotos destructivos en la región centro-norte de Venezuela. Aunque la falla de San Sebastián es predominantemente una falla costa afuera, su nombre se le ha asignado debido a su presencia en San Sebastián de Maiquetía (conocida como Maiquetía), donde la falla aflora durante aproximadamente nueve kilómetros y tiene un relevo transpresivo con el segmento norte de la falla de desplazamiento lateral dextral observado al norte del Aeropuerto Internacional de Maiquetía, originalmente llamada Falla de Bruscas (Weisbord, 1957). La falla de San Sebastián también se ha interpretado como una falla que cruza el abanico de flujo de detritos de Caraballeda y continúa por el límite sur de los depósitos aluviales, lo que hace que su manifestación en tierra sea incierta y controvercial. En las siguientes secciones se analizará el posible desplazamiento cosismico en tierra firme de la falla de San Sebastián y su efecto en los masivos daños estructurales en el estado de La Guaira y la ciudad de Caracas.

3.3 Terremotos históricos

El sistema de fallas Boconó-San Sebastián-El Pilar ha generado los terremotos históricos más destructivos de Venezuela en la región centro-norte del país. Entre los terremotos históricos que afectaron la región, destaca el sismo de 1812, que produjo la mayor destrucción en Caracas y La Guaira, seguido por los terremotos de 1641 y 1900, mientras que los de 1967 y 1766 se asociaron con niveles de daños comparativamente menores (Hernández y Schmitz, 2023). La ubicación y extensión estimadas de las rupturas tectónicas asociadas con los terremotos históricos más

significativos que afectaron a La Guaira, Caraballeda y Caracas se han ubicado a lo largo de las fallas de San Sebastián y La Tortuga, mientras que los sismos del 24 de junio de 2026 tuvieron un primer epicentro en falla de Boconó y un segundo epicentro en la falla de San Sebastián (Figura 3-3). En los siguientes capítulos se presentarán pruebas y análisis de las rupturas superficiales cocismicas ocurridas durante los sismos del 24 de junio de 2026. Cabe señalar que la superposición de las rupturas de los terremotos de 1812 y 2026 sugiere que el terremoto de magnitud 7.5 de 2026 podría ser el terremoto recurrente de ~200 años asociado con el terremoto de 1812.

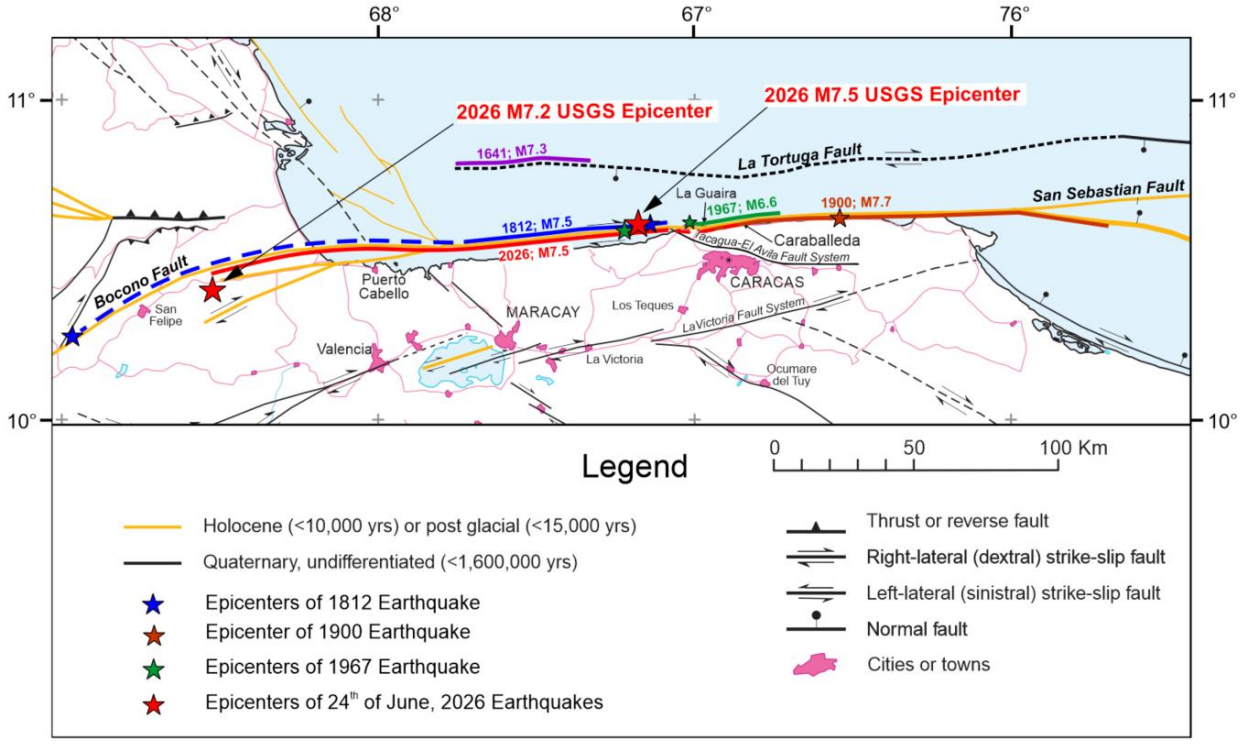


Figura 3-3. Localización de los epicentros y rupturas de los principales terremotos históricos que afectaron a La Guaira-Maiquetía, Caraballeda, Macuto y Caracas. Modificado y adaptado de Pousse-Beltran et al. (2017), Pérez et al. (2018), Audemard et al. (2000), Audemard (2002) y Hernández y Schmitz (2023). Los terremotos menores o no destructivos asociados con los sistemas de fallas de La Victoria y Tacagua-El Ávila se omiten por razones de simplicidad. La ubicación de los epicentros se refleja según USGS (2026a) y USGS (2026b).

El terremoto multievento de Caracas del 26 de marzo de 1812 se considera de manera generalizada como uno de los terremotos más destructivos en la historia de Venezuela, el cual produjo graves daños en ciudades separadas por varios cientos de kilómetros, como Caracas, La Guaira, Barquisimeto, San Felipe y Mérida (Choy et al., 2010. Grases (1990) estima que las magnitudes Ms para tres epicentros o subeventos, incluidas las rupturas en Mérida, Barquisimeto-San Felipe y Caracas, son 7.0, 7.2 y 6.3, respectivamente (Choy et al., 2010). Estudios sismotectónicos históricos y contemporáneos indican que múltiples terremotos estuvieron asociados con una ruptura del sistema de fallas de San Sebastián costa afuera y con uno o dos segmentos del sistema de fallas de Boconó. Aunque persisten las incertidumbres con respecto al número y la ubicación

de los segmentos de ruptura, la mayoría de los estudios concluyen que el terremoto involucró al menos dos grandes rupturas de falla que afectaron las regiones central y occidental del norte de Venezuela (Grases, 1990; Altez, 1998; Audemard, 2002; Choy et al., 2010, entre otros).

El terremoto de Caracas del 29 de octubre de 1900 (magnitud ~7.6 a 7.7), el mayor evento sísmico conocido en Venezuela antes de 2026, ha sido objeto de debate entre dos posibles estructuras costa afuera. Algunos autores lo atribuyen a la falla de La Tortuga (Schmitz, 2020), validando centros de intensidad macrosísmica más antiguos, mientras que otros (ej., Audemard, 2002) lo reubican más cerca de la costa y lo atribuyen a la falla de San Sebastián. Un levantamiento sísmico marino de poca profundidad y alta resolución que llevó a cabo Colón et al. (2015) aportó nuevas evidencias estructurales basadas en la frescura de los escarpes de fallas submarinas y los desplazamientos verticales recientes, concluyendo a favor de la falla de San Sebastián como origen del sismos de 1900. La falla de San Sebastián ha sido responsable además de varios sismos históricos que afectaron a La Guaira, Maiquetía, Caraballeda y Caracas (Audemard, 2002; Colon et al., 2015; Schmitz, 2020), incluidos los de 1868, 1945 y uno de los epicentros de los terremotos dobles de 1812 (Audemard, 2002).

El terremoto de Caracas de 1967 ocurrió el 29 de julio de 1967 y está considerado como uno de los eventos sísmicos más importantes de la historia moderna de Venezuela. El terremoto tuvo una magnitud de aproximadamente 6.6 y se originó a lo largo del segmento en alta mar de la falla de San Sebastián. Los análisis sismológicos indican que la ruptura se propagó predominantemente de oeste a este a lo largo de una zona de falla con orientación este-oeste al norte de Caracas, con una profundidad de aproximadamente 14-25 km (Suárez y Nábělek, 1990; Audemard et al., 2000; Audemard, 2007).

A pesar de su magnitud moderada, el terremoto de 1967 generó graves repercusiones en toda la región metropolitana de Caracas y la costa central venezolana. En algunos sectores, la intensidad máxima alcanzó el grado IX (Violento), y el terremoto causó aproximadamente entre 225 y 300 muertos, más de 1.500 heridos y cuantiosas pérdidas económicas. Los daños estructurales se concentraron en varios distritos del este de Caracas, donde se derrumbaron cuatro torres residenciales de concreto armado y numerosos edificios adicionales sufrieron importantes daños estructurales y arquitectónicos. El evento demostró que pueden ocurrir pérdidas urbanas graves incluso durante terremotos de magnitud moderada cuando las condiciones de localizacion del sismo, el sitio y la estructura interactúan de manera desfavorable (Sozen et al., 1968; Seed et al., 1972; Suárez y Nábělek, 1990; Seed et al., 1972).

Las investigaciones posteriores al terremoto identificaron las condiciones geológicas locales como factor primario que controla la distribución de los daños observados (ej., Seed et al., 1972). Estudios realizados en el Valle de Caracas demostraron que los depósitos aluviales profundos amplificaron las ondas sísmicas y aumentaron la respuesta de los edificios de mediana y gran altura cuyos períodos de vibración natural coincidieron con el período fundamental de los sedimentos de la cuenca (Seed et al., 1972). Los daños fueron especialmente graves en el sector de Los Palos Grandes, donde la geometría de la cuenca y las características del suelo produjeron importantes efectos de amplificación. Estos hallazgos establecieron el terremoto de 1967 como un caso de estudio clásico que ilustra la importancia de los efectos del sitio, la resonancia de cuenca y la interacción entre suelo y estructura en la ingeniería sísmica (Seed et al., 1972; Papageorgiou y Kim, 1991).

El terremoto de 1967 tuvo una profunda influencia en el desarrollo de la evaluación del peligro sísmico y el diseño sismorresistente en Venezuela. Esto impulsó una amplia investigación sobre los sistemas de fallas activas, la microzonificación sísmica, el comportamiento de movimientos sísmicos intensos y el desempeño de las edificaciones, lo que condujo a importantes avances en la comprensión del riesgo sísmico a lo largo del límite de placas entre el Caribe y Sudamérica. Más de cinco décadas después, el terremoto de Caracas de 1967 sigue sirviendo como un evento de referencia para los estudios de deformación tectónica, los procesos de la fuente de los terremotos y la vulnerabilidad sísmica urbana en el norte de Venezuela (Suárez y Nábělek, 1990; Papageorgiou y Kim, 1991; Audemard et al., 2000).

Finalmente, en el este de Venezuela, la falla de El Pilar, ubicada en el noreste del país, produjo un gran sismo en 1766 y un evento destructivo más reciente de magnitud ~6.9 en 1997, conocido como el terremoto de Cariaco, cuya ruptura y distribución de réplicas fueron caracterizadas en detalle por Baumbach et al. (2004).

3.4 Registro paleos í smico

Las investigaciones paleosismológicas hechas a lo largo del límite sur de la placa del Caribe ofrecen pruebas sólidas sobre la ocurrencia de terremotos recurrentes de gran magnitud en escalas temporales tanto centenarias como milenarias. A lo largo del sistema de fallas de Boconó, los estudios gemorfologicos de fallas activas, las investigaciones mediante trincheras y los depósitos lacustres cuaternarios han documentado un largo historial de sismos con ruptura superficial que se extienden desde el Pleistoceno tardío hasta el presente (Audemard y Singer, 1997; Audemard et al., 2006; Carrillo et al., 2006; Carrillo et al., 2008; Rodríguez, 2018). Más recientemente, Pousse-Beltran et al. (2017, 2018) reconstruyeron la historia sísmica de la falla central de Boconó (segmento Boc-e) durante el último milenio, ofreciendo datos importantes sobre el comportamiento de la falla y los patrones de recurrencia. Los registros históricos indican además que el sistema de fallas ha generado varios terremotos destructivos, incluidos los ocurridos en 1610, 1674, 1812, 1849, 1894, 1932 y, más recientemente, la secuencia sísmica del 24 de junio de 2026, cuyos epicentros se ubicaron cerca de San Felipe y Catia La Mar a lo largo del ramal norte de la falla. Los intervalos de recurrencia derivados de estudios paleosísmicos sugieren que los sismos más importantes ocurren repetidamente a lo largo de la falla de Boconó. Los períodos de retorno estimados observados en estudios paleosísmicos varían desde aproximadamente 200 a 300 años para algunos segmentos de falla, hasta 1000 a 2000 años para escenarios de ruptura más grandes, lo que refleja variaciones en la longitud del segmento, la tasa de desplazamiento y la extensión de la ruptura (Audemard, 1997; Audemard, 2002; Audemard et al., 2006; Carrillo et al., 2006; Carrillo et al., 2008; Pousse-Beltran et al., 2017; Rodríguez et al., 2016).

Varios sistemas de fallas importantes en la región centro-norte de Venezuela, como las fallas de Tacagua-El Ávila y La Victoria, también podrían afectar potencialmente las áreas de Caracas y La Guaira. Estas fallas han mostrado sismicidad histórica reciente (p. ej., Schmitz, 2020), así como evidencia de actividad paleosísmica (p. ej., Rodríguez et al., 2016). Los posibles efectos de los terremotos de 2026 sobre las tensiones a lo largo de estos sistemas de fallas, hasta el momento, siguen siendo inciertos. Sin embargo, se ha registrado actividad post sismica signficativa cerca de las expresiones superficiales de estas fallas (FUNVISIS, 2026).

Los terremotos históricos, confirmados a través de investigaciones paleosismológicas, junto con la actividad sísmica documentada a lo largo de los sistemas de las fallas de Boconó y San Sebastián-El Pilar, demuestran que la región de Caracas-La Guaira ha experimentado repetidamente grandes terremotos asociados con el límite complejo de placas Caribe-Sudamérica (Figura 3-4). Estos sucesos ponen de relieve la persistencia a largo plazo de la deformación tectónica activa en el norte de Venezuela y resaltan la capacidad de los sistemas de fallas regionales para generar terremotos destructivos capaces de producir fuertes movimientos telúricos, extensos daños estructurales e importantes repercusiones sociales en uno de los corredores urbanos más densamente poblados del país.

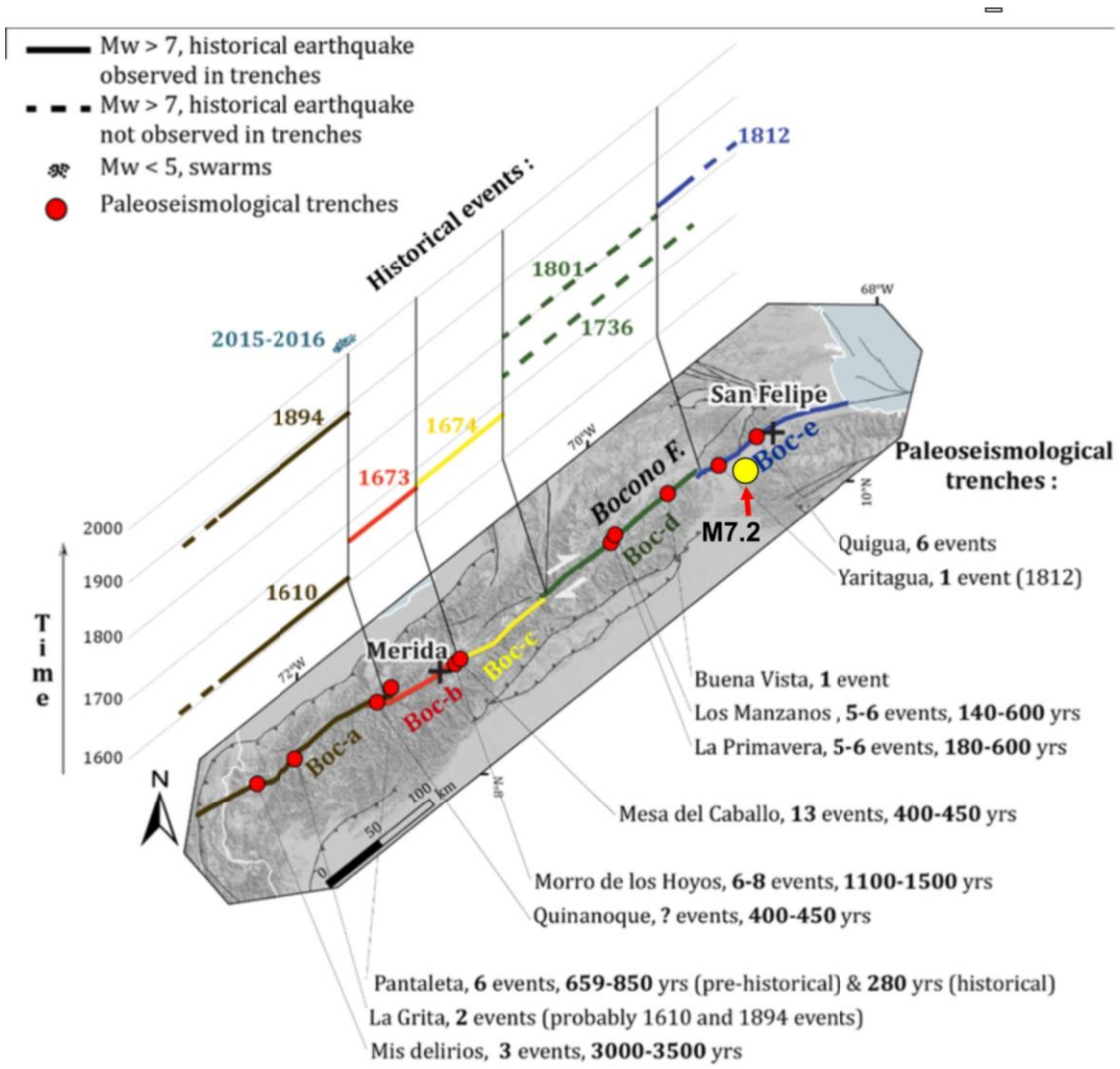


Figura 3-4. Distribución espaciotemporal de la sismicidad histórica y ubicación de los sitios de trincheras a lo largo de la falla de Boconó según Audemard (2014) y Pousse-Beltran (2018). "Boc-e" indica el segmento de la falla de Boconó que se activó durante el terremoto del 24 de junio de 2026. El punto amarillo indica el epicentro del terremoto de magnitud 7.2 ocurrido el 24 de junio de 2026.

3.5 Referencias

Altez, R. (2018). Cronometrización extemporánea: Los sismos del 26 de marzo de 1812 en Caracas y en Mérida, Rev. Geog. Vla., 39, 297–326.

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 (No. 2000-18) [Mapa y base de datos de fallas cuaternarias en Venezuela y sus regiones marinas (Nro. 2000-18)]. US Geological Survey.

Audemard, F. A. (2002). Reevaluation of the 1812 Venezuelan earthquake sequence and its associated fault systems [Reevaluación de la secuencia sísmica de 1812 en Venezuela y sus sistemas de fallas asociados]. En W. D. McCann y R. E. Stein (Eds.), Evaluation of Proposed Earthquake Precursors. American Geophysical Union.

Audemard, F. A., Singer, A., Soulas, J.-P., y la Sección de Neotectónica de FUNVISIS. (2006). Quaternary faults and stress regime of Venezuela [Fallas cuaternarias y régimen de esfuerzos de Venezuela]. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 61(4), 480–491.

Audemard, F.A. (2007). Active tectonics and seismicity of Venezuela [Tectónica activa y sismicidad de Venezuela].

Audemard, F.A. y Audemard, F.E. 2002. Structure of the Mérida Andes, Venezuela: relations with the South America–Caribbean geodynamic interaction [Estructura de los Andes de Mérida, Venezuela: relaciones con la interacción geodinámica entre Suramérica y el Caribe]. Tectonophysics, 345, 299–327.

Audemard, F.A., Machette, M.N., Cox, J.W., Dart, R.L., & Haller, K.M. (2000). Map and Database of Quaternary Faults in Venezuela an its Offshore Regions [Mapa y base de datos de fallas cuaternarias en Venezuela y sus regiones marinas]. U.S. Geological Survey Open-File Report 00-018.

Audemard, F.A. y Singer, A. (1997). Active fault recognition in northwestern Venezuela and its seismogenic characterization: neotectonic and paleoseismic approach [Reconocimiento de fallas activas en el noroeste de Venezuela y su caracterización sismogénica: enfoque neotectónico y paleosísmico]. Geofísica Internacional, 36(3), 153–164.

Baumbach, M., Grosser, H., Romero Torres, G., Rojas Gonzales, J.L., Sobiesiak, M., Welle, W. (2004). Aftershock pattern of the July 9, 1997 Mw=6.9 Cariaco earthquake in northeastern Venezuela [Patrón de réplicas del terremoto de Cariaco del 9 de julio de 1997 (Mw=6.9) en el noreste de Venezuela]. Tectonophysics, 379, 1–23.

Carrillo, E., Audemard M, F. A., Beck, C., Cousin, M., Jouanne, F., Cano, V. & Villemin, T. (2006). A late Pleistocene-Holocene natural seismograph along the Boconó Fault (Merida Andes, Venezuela): the moraine-dammed Los Zerpa paleo-lake [Un sismógrafo natural del Pleistoceno tardío-Holoceno a lo largo de la falla de Boconó (Andes de Mérida, Venezuela): el paleolago Los Zerpa represado por morrenas]. Bulletin de la Société Géologique de France, 177(1), 3-17.

Carrillo, E., Beck, C., Audemard, F. A., Moreno, E., & Ollarves, R. (2008). Disentangling late Quaternary climatic and seismo-tectonic controls on Lake Mucubají sedimentation (Mérida Andes, Venezuela) [Desentrañando los controles climáticos y sismo-tectónicos del Cuaternario tardío en la sedimentación de la laguna de Mucubají (Andes de Mérida, Venezuela)]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 259(2-3), 284-300.

Castilla, R. A., Audemard, F., & de Investigaciones Sismológicas, F. V. (2000). Facies Sedimentarias del Abanico de Caraballeda y su Relación con la Licuación de Suelos durante el sismo de Caracas de 1967. XVI Seminario venezolano de Geotecnia. Calamidades Geotécnicas Urbanas con Visión al Sligo XXI

Choy, J. E., Palme, C., Guada, C., Morandi, M., & Klarica, S. (2010). Macroseismic interpretation of the 1812 earthquakes in Venezuela using intensity uncertainties and a priori fault-strike information [Interpretación macrosísmica de los terremotos de 1812 en Venezuela utilizando incertidumbres de intensidad e información a priori del rumbo de la falla]. Bulletin of the Seismological Society of America, 100(1), 241–255.

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? [El terremoto de 1900 de Mw 7.6 frente a la costa centro-norte de Venezuela: ¿la falla de La Tortuga o la de San Sebastián es la falla fuente?] Marine and Petroleum Geology, 67, 498–511.

Colón-Useche, S., Audemard, F. A., Beck, C., Padrón, C., & De Batist, M. (2021). Margen norte costa afuera de Venezuela: sísmica marina de alta resolución entre Golfo Triste y Cabo Codera. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 73(2).

Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS). 2026. *Portal Sismológico de Venezuela: actividad sísmica y secuencia de réplicas posterior al sismo del 24 de junio de 2026*. Disponible en: http://www.funvisis.gob.ve/monitor.html. Consultado en junio y julio de 2026.

Mora-Páez, H. y Audemard, F. 2021. GNSS Networks for Geodynamics in the Caribbean, Northwestern South America, and Central America [Redes GNSS para geodinámica en el Caribe, el noroccidente de Suramérica y Centroamérica]. En Geodetic sciences-theory, applications and recent developments. IntechOpen.

Pérez, O.J., Bilham, R., Bendick, R., Velandia, J.R., Hernández, N., Moncayo, C., Hoyer, M., Kozuch, M. 2001. Velocity field across the southern Caribbean plate boundary and estimates of Caribbean/South American plate motion using GPS geodesy 1994–2000 [Campo de velocidades a través del límite de la placa del Caribe sur y estimaciones del movimiento de las placas del Caribe y Suramérica mediante geodesia GPS 1994–2000]. Geophysical Research Letters, 28(15), 2987–2990.

Pérez, O.J., Wesnousky, S.G., De La Rosa, R., et al. 2018. On the interaction of the North Andes plate with the Caribbean and South American plates in northwestern South America from GPS geodesy and seismic data [Sobre la interacción de la placa de los Andes del Norte con las

placas del Caribe y Sudamericana en el noroeste de Sudamérica a partir de datos geodésicos de GPS y datos sísmicos]. Geophysical Journal International, 214(3), 1986–2018.

Pennington, W. D. 1981. Subduction of the eastern Panama Basin and seismotectonics of northwestern South America [Subducción de la cuenca oriental de Panamá y sismotectónica del noroeste de Sudamérica]. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 86(B11), 10753-10770.

Pindell, J., Maresch, W. V., Urbani Patat, F., Scherer, E. E., Schertl, H. P., Stanek, K., ... & Villagómez, D. 2025. Late Eocene Lu–Hf ages on Carayaca (Puerto Cabello) eclogites: reconstructing the history of the central Cordillera de la Costa, northern central Venezuela [Edades de Lu–Hf del Eoceno tardío en las eclogitas de Carayaca (Puerto Cabello): reconstruyendo la historia de la Cordillera de la Costa central, centro-norte de Venezuela]. *Journal of the Geological Society*, *182*(4), jgs2024-145.

Pousse-Beltran, L., Vassallo, R., Audemard, F., Jouanne, F., Carcaillet, J., Pathier, E., & Volat, M. 2017. Pleistocene slip rates on the Boconó fault along the North Andean Block plate boundary, Venezuela [Tasas de deslizamiento del Pleistoceno en la falla de Boconó a lo largo del límite de placa del Bloque Norandino, Venezuela]. Tectonics, 36(7), 1207–1231.

Pousse-Beltran, L., Vassallo, R., Audemard, F., Jouanne, F., Oropeza, J., Garambois, S., Aray, J. (2018). Earthquake geology of the last millennium along the Boconó Fault, Venezuela [Geología sísmica del último milenio a lo largo de la falla de Boconó, Venezuela]. Tectonophysics, 747–748, 40–53.

Reinoza, C. E., Jouanne, F., Pousse-Beltrán, L., & Beck, C. 2020. Strain calculations of active tectonic blocks in northeastern Venezuela from GNSS analysis [Cálculos de deformación de bloques tectónicos activos en el noreste de Venezuela a partir del análisis de GNSS]. Journal of South American Earth Sciences, 102, 102661.

Rodríguez, L. M., Ollarves, R., Audemard, F., Singer, A., Colón, S., Miró, C., & Viete, H. (2016). Estudio paleosísmico en la traza activa de la falla El Ávila, Santa Rosa, Caracas, Venezuela. Revista Geográfica Venezolana, 57(1), 38-57.

Seed, H. B., Whitman, R. V., Dezfulian, H., Dobry, R., & Idriss, I. M. (1972). Soil conditions and building damage in 1967 Caracas earthquake [Condiciones del suelo y daños en las edificaciones durante el terremoto de Caracas de 1967]. *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*, *98*(8), 787-806.

Schmitz, M., Bezada, M., Avila, J., Vieira, E., Yánez, M., Levander, A., Zelt, C.A., Magnani, M.B., Rocabado, V., Ollarves, R., Gil, G., Sánchez, J., Cano, V., Jácome, M.I., y el grupo de trabajo de sísmica activa Bolívar (2005). Crustal thickness variations in northern Venezuela from deep seismic observations [Variaciones del espesor de la corteza en el norte de Venezuela a partir de observaciones sísmicas profundas]. 6to Simposio Internacional sobre Geodinámica Andina, Universidad de Barcelona.

Schubert, C., & Krause, F. F. 1984. Móron fault zone, north-central Venezuelan borderland: Identification, definition, and neotectonic character [Zona de la falla de Morón, margen

continental del centro-norte de Venezuela: identificación, definición y carácter neotectónico]. Marine geophysical researches, 6(3), 257-273.

Trenkamp, R., Kellogg, J. N., Freymueller, J. T., & Mora, H. P. 2002. Wide plate margin deformation, southern Central America and northwestern South America, CASA GPS observations [Deformación del límite de placa ancho, sur de América Central y noroeste de Sudamérica, observaciones de GPS del proyecto CASA]. Journal of South American Earth Sciences, 15(2), 157-171.

USGS. 2026a. M 7.2 - 21 km al ENE de San Felipe, Venezuela. https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us6000t7zc/executive

USGS. 2026b. M 7.5 - 17 km al O de Catia La Mar, Venezuela. https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us6000t7zp/executive

Weber, J.C., Dixon, T.H., DeMets, C., Ambeh, W.B., Jansma, P., Mattioli, G., Saleh, J., Sella, G., Bilham, R., Pérez, O. 2001. GPS estimate of relative motion between the Caribbean and South American plates, and geologic implications for Trinidad and Venezuela [Estimación por GPS del movimiento relativo entre las placas del Caribe y Sudamericana, e implicaciones geológicas para Trinidad y Venezuela]. Geology, 29(1), 75–78.

Weisbord, N.E., 1957, Notes on the Cabo Blanco Area, Venezuela [Notas sobre el área de Cabo Blanco, Venezuela]. Bulletins of American Paleontology, v. 38, no. 165, p. 1–51.

4. CONTEXTO GEOLÓGICO

Tabla 4-1. Autores principales de esta sección

Nombre	Afiliación
Eduardo Carrillo	Profesional, Geosyntec Consultants, Inc.

4.1 Resumen

Los terremotos del 24 de junio de 2026 afectaron gravemente a dos sectores densamente poblados del centro de Venezuela: Estado La Guaira y Valle de Caracas. Ambas zonas están situadas a lo largo de la Cordillera de la Costa, una zona tectónicamente activa cuyo basamento rocoso está compuesto por un complejo metamórfico cubierto por depósitos cuaternarios heterogéneos. En el estado La Guaira, los daños estructurales se concentraron en los asentamientos costeros desarrollados sobre abanicos aluviales y terrazas marinas del Holoceno. Estos depósitos, que en algunos lugares superan los 400 m de espesor, registran la influencia combinada del drenaje de montaña de alta pendiente, los procesos costeros, la sedimentación por flujos de detritos y la actividad tectónica asociada a estructuras geológicas regionales como el sistema de fallas de San Sebastián. La presencia de depósitos de abanicos aluviales poco o no consolidados, así como de sedimentos costeros y lagunares potencialmente propensos a la licuación, probablemente contribuyó a la variabilidad de la respuesta sísmica del terreno y a los patrones de daños localizados.

En el valle de Caracas, los impactos del terremoto se asociaron principalmente con áreas de depósitos cuaternarios de relleno de cuenca, gruesos y lateralmente variables, incluyendo sedimentos aluviales, coluviales, lacustres y de flujos de detritos. La distribución y el espesor de estos depósitos están fuertemente controlados por el levantamiento vinculado a fallas, la subsidencia, la obstrucción del drenaje y los repetidos procesos de transporte masivo vinculados al sistema estructural Tacagua-El Ávila. Esta complejidad estratigráfica produce contrastes significativos en la rigidez, la compresibilidad, las condiciones del agua subterránea y las características de propagación de las ondas sísmicas, que son factores críticos para la evaluación de los efectos sísmicos de sitio y las características geotécnicas. En general, el marco geológico de La Guaira y Caracas indica que los patrones de daños causados por los terremotos están estrechamente relacionados con la interacción entre la tectónica activa, la geomorfología escarpada, los depósitos cuaternarios gruesos no consolidados o poco consolidados y los procesos recurrentes de flujos de detritos. Las condiciones complejas y variables del suelo ponen de manifiesto la necesidad de comprender las características geológicas, geomorfológicas y geotécnicas de las zonas más afectadas durante los terremotos del 24 de junio de 2026. Este conocimiento será fundamental para la planificación del uso del suelo, el diseño de cimientos y las estrategias de resiliencia de la infraestructura en los planes de desarrollo del estado de La Guaira y del Valle de Caracas.

4.2 Introducción

El terremoto del 24 de junio de 2026 afectó a dos de las zonas más pobladas del centro de Venezuela: el estado de La Guaira y la ciudad de Caracas. Ambas zonas están situadas sobre complejos depósitos cuaternarios que se han visto afectados repetidamente por la actividad tectónica local y por destructivos flujos de detritos. Los depósitos cuaternarios localizados discordantes sobre el extenso lecho rocoso, compuesto por una compleja asociación de rocas metamórficas que conforman la Cordillera de la Costa. Urbani (2025) ofrece un estudio profundo y exhaustivo de la geología del norte de Venezuela, incluyendo la historia y evolución del conocimiento geológico, asociaciones metamórficas, geocronología y las observaciones de campo, entre otros. Mientras que Urbani (2026) proporciona una extensa recopilación de documentos y mapas geológicos en el contexto de los sismos del 24 de junio de 2026 que aportan documentación adicional de mucho valor para comprender el complejo entorno geológico de la región afectada. Esta sección analiza la geología de las zonas más afectadas por los terremotos del 24 de junio de 2026 y ofrece una visión general de las características del lecho rocoso, las características del suelo y la geología estructural local.

4.3 Aspectos generales sobre la geología del estado de La Guaira.

El estado de La Guaira es una zona costera donde la Cordillera de La Costa llega hasta el Mar Caribe, con una pendiente generalmente pronunciada. Los estrechos valles que se forman a lo largo de la ladera orientada al norte permiten la expansión superficial de abanicos aluviales a lo largo de la costa, donde se asienta la mayor parte de la población del estado de La Guaira. Las principales llanuras formadas por la interacción de depósitos aluviales y sedimentos marinos son las zonas de Maiquetía-Playa Grande y La Guaira, y los pueblos de Caraballeda, Macuto y Tanaguanera, donde varios cientos de edificios resultaron dañados durante los terremotos del 24 de junio de 2026. Al sur de las principales zonas pobladas, la Cordillera de la Costa alcanza su punto más elevado (2.765 metros sobre el nivel del mar) en el Pico Naiguatá, situado entre el Mar Caribe y la ciudad de Caracas. La Cordillera de la Costa está compuesta por rocas ígneas y metamórficas del Mesozoico y algunas del Paleozoico, descritas brevemente en la sección anterior (Figura 3-2 y Figura 4-1), que representan el lecho rocoso en las áreas afectadas. En el estado de La Guaira, rodeando la zona de máxima destrucción de los terremotos del 24 de junio de 2026, esta asociación de rocas está compuesta principalmente por el Esquisto de Tacagua, los Esquistos de Las Brisas y el Gneis de Peña de Mora, mientras que en la ciudad de Caracas, los Esquistos de Las Mercedes y los Esquistos de Las Brisas constituyen el principal lecho rocoso debajo de los depósitos cuaternarios. (Figura 4-1).

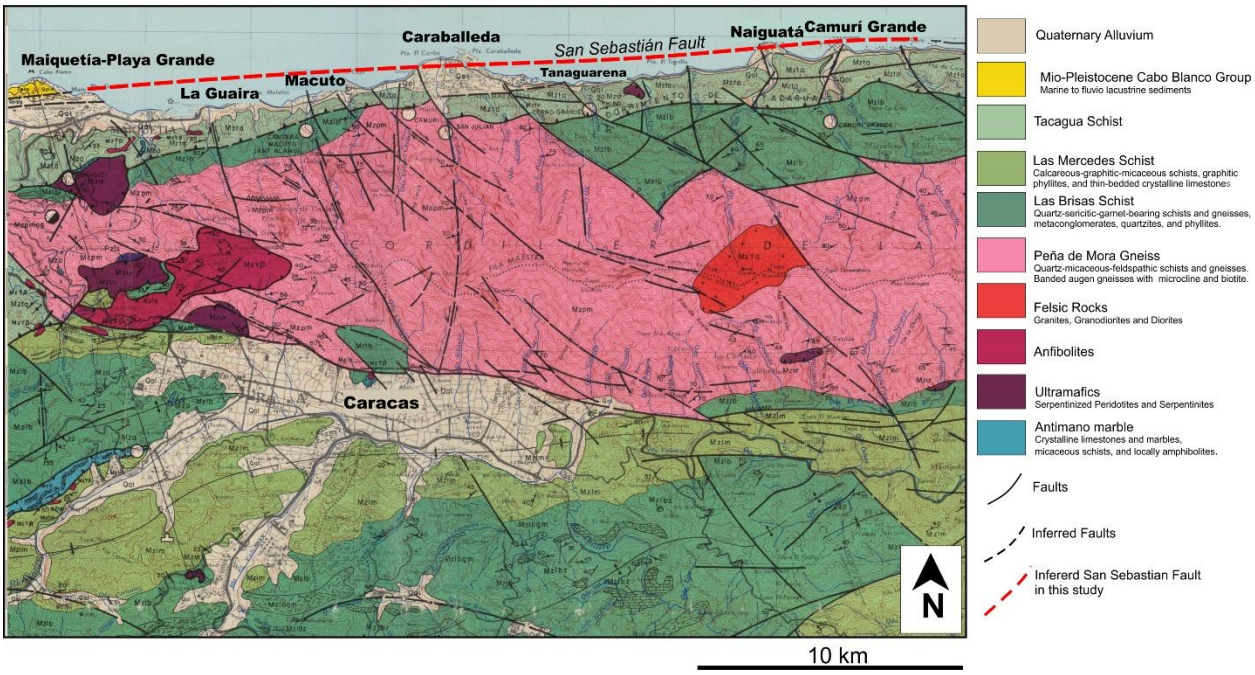


Figura 4-1. Mapa geológico de la región de Caracas. Adaptado de la Dirección General Sectorial de Minas y Geología (1986). Se destacan las zonas más afectadas por los terremotos del 24 de junio de 2026. La ubicación de la falla de San Sebastián propuesta se basa en los resultados que se analizan en este informe.

La zona de Maiquetía, Playa Grande y Catia La Mar se caracteriza por la presencia de colinas adyacentes a la línea de costa, con cuencas hidrográficas estrechas y una serie de terrazas marinas preservadas a diferentes alturas. Estas terrazas reflejan episodios complejos y recurrentes de erosión costera, inundaciones, flujos de detritos, elevaciones del terreno y fluctuaciones del nivel del mar durante el Cuaternario. El drenaje está controlado por quebradas relativamente cortas y de gran pendiente que transportan rápidamente sedimentos desde las partes altas de la cordillera hasta la costa durante las lluvias estacionales.

La secuencia sedimentaria se agrupa en el Grupo Cabo Blanco, que comprende varias unidades sedimentarias que abarcan desde el Mioceno medio hasta el Cuaternario. La unidad más antigua, la Formación Las Pailas, consta de conglomerados, areniscas, limolitas y lutitas interpretadas como depósitos continentales a marinos marginales. Posteriormente, estos estratos sufrieron deformación y erosión antes de la depositación de la Formación de Playa Grande que yace suprayacente a la Formación Las Pailas. La Formación de Playa Grande contiene areniscas marinas fosilíferas, limolitas, conglomerados, fragmentos de conchas y depósitos arrecifales indicativos de ambientes marinos poco profundos (Weinsbord, 1957, Bermúdez y Fuenmayor, 1962). Seguidamente, La Formación Mare yace discordante sobre la Formación Playa Grande y está compuesta principalmente por areniscas marinas ricas en fósiles, depositadas en ambientes costeros. Posteriormente, sobre la Formación Mare, se encuentran los depósitos consolidados más recientes pertenecientes a la Formación Abisinia, la cual está conformada por sedimentos cuaternarios de terrazas aluviales compuestos de arcilla, limo, arena, grava y, localmente, depósitos carbonáticos que contienen corales. Los depósitos aluviales, de playa y de terraza

holocenas representan la etapa más reciente de acumulación de sedimentos en la zona (Weinsbord, 1957).

La geología estructural del área de Maiquetía-Playa Grande está dominada por un monoclinal costero y una zona compleja de fallas activas con orientación predominantemente este-oeste que afectaron la sucesión sedimentaria durante y después de la deposición del Grupo Cabo Blanco. Weisbord (1957) cartografió la falla de Bruscas como la principal zona de falla terrestre observada en la en el area. La falla de Bruscas se interpreta como una falla inversa de alto ángulo con orientación este-oeste, asociada a un plegamiento complejo, que se extiende desde Catia La Mar hasta Mare. Adicionalmente, La "falla de la Costa" —descrita por Urbani (2000) como la falla de San Sebastián— representa una falla transcurrente dextral con un componente normal a lo largo del margen sur de la cobertura sedimentaria, y es inferida por el contacto entre la sección sedimentaria y el lecho rocoso metamórfico. inclinación hacia el sur. Según Weinsbord (1957), la Formación Playa Grande presenta una fuerte deformación, mostrando una serie de anticlinales, con estratificaciones medidas de hasta 56 grados con inclinación hacia el sur. Esta deformación indica múltiples episodios de acortamiento y levantamiento tectónico durante los últimos cinco millones de años, posiblemente inducidos por la actividad de la falla de San Sebastián.

La mayor parte de los daños observados en el estado de La Guaira luego de los sucesos del 24 de junio de 2026 se produjeron en edificios ubicados sobre abanicos aluviales del Holoceno. Los abanicos aluviales Holocenos constituyen la principal cubierta sedimentaria en las estribaciones de la Cordillera de La Costa, incluyendo la mayor parte de las zonas afectadas por terremotos, como Caraballeda, Macuto, Tanaguanera y partes de La Guaira, Maiquetía y Catia La Mar. Los depósitos de flujos de detritos alcanzan su máximo espesor inferido en la zona de Caraballeda, superando los 400 metros en el sector noreste (García et al. 2023). Se han estimado espesores mayores de 250 metros en Macuto, mientras que los depósitos en La Guaira alcanzan localmente hasta 250 metros (García et al. 2023). El abanico aluvial de Caraballeda es un sistema depositacional complejo influenciado por la tectónica local, y formado por la interacción de procesos aluviales y marinos. Su arquitectura sedimentaria registra una transición desde depósitos de abanicos aluviales proximales hasta ambientes costeros y lagunares distales, mientras que su morfología refleja los efectos combinados de la acumulación de sedimentos y la tectónica activa (Castilla y Audermard, 2000). En este contexto, los paleoambientes costeros observados en el noreste de Caraballeda pudieran incluir extensas capas de arena propensas a la licuación inducida durante el sismo del 24 de junio de 2026.

Todos los abanicos aluviales del estado de La Guaira se superponen al basamento rocoso metamórfico de la Unidad de Esquisto de Tacagua, compuesta predominantemente de cuarzo y muscovita, con presencia menor pero constante de grafito, así como cantidades variables de calcita y/o albita (Urbani, 2000).

Los centros poblados de La Guaira no se han visto afectados únicamente por terremotos. Todas estas zonas costeras se vieron afectadas previamente por un importante evento regional de flujo de detritos (deslave) que ocurrió en diciembre de 1999, donde se depositaron aproximadamente 2 millones de metros cúbicos durante el evento de inundación en Caraballeda, ampliamente descrito en Weiczorek et al. (2002). Los registros históricos indican que eventos hidrológicos similares que provocaron graves inundaciones, deslizamientos y flujos de detritos ocurrieron en esta región en febrero de 1798, agosto de 1912, enero de 1914, noviembre de 1938, mayo de 1944, noviembre de

1944, agosto de 1948 y febrero de 1951 (Röhl, 1950; Salcedo, 2000 en Weiczorek et al., 2002). La alta frecuencia de flujos de detritos e inundaciones, junto con el período de retorno de aproximadamente 60 años para los terremotos destructivos, hace que esta zona sea un lugar sumamente complejo para la construcción y el desarrollo de infraestructuras. En el capítulo 10 se incluyen análisis más detallados sobre estas interacciones relevantes entre los riesgos geológicos.

4.4 Aspectos generales sobre la geolog í a del Valle de Caracas.

Caracas fue la segunda región con mayor afectación luego de los terremotos del 24 de junio de 2026. Varias edificaciones sufrieron graves daños y nueve colapsaron. La mayor parte de los daños se observaron en urbanizaciones del norte de Caracas. Las condiciones del subsuelo del Valle de Caracas son producto de una compleja historia cuaternaria caracterizada por la deformación tectónica, fases repetidas de acumulación de sedimentos y procesos episódicos de transporte masivo de sedimentos (Singer et al. 2021) que se superponen al complejo basamento rocoso metamórfico de la Cordillera de La Costa (Urbani, 1997). La cartografía geológica, tal como se incluye en Singer et al. (2021), muestra que el valle de Caracas comprende conjuntos heterogéneos de depósitos aluviales, coluviales, lacustres y de flujo de detritos de edad y espesor variables, cuya distribución está fuertemente controlada por el levantamiento y la subsidencia relacionados con fallas activas asociadas al sistema de fallas de Tacagua-El Ávila (Figura 4-2). Esta actividad tectónica reciente ha generado cambios laterales significativos en el espesor de los sedimentos, la arquitectura estratigráfica y los entornos de depositación en toda la cuenca, lo que ha dado lugar a una variabilidad sustancial en las propiedades geotécnicas del suelo.

La secuencia sedimentaria cuaternaria registra múltiples episodios de inestabilidad de las laderas y alteración del drenaje que produjeron extensos depósitos de flujos de detritos y anegamientos localizados en las cuencas. Estos procesos llevaron a la acumulación de gruesas secuencias sedimentarias lacustres y de grano fino en las zonas bajas del valle, mientras que los depósitos aluviales y torrenciales más gruesos predominan en los sectores proximales del piedemonte (Oropeza y Singer, 2015). Áreas como Los Palos Grandes, Altamira y San Bernardino están compuestas por depósitos de flujos de detritos con un espesor máximo de aproximadamente 350 m en el área de Los Palos Grandes (Schmitz et al., 2020).

Se prevé que la heterogeneidad estratigráfica resultante genere contrastes pronunciados en las propiedades geotécnicas, incluyendo rigidez, compresibilidad, las características de propagación de ondas de corte y la susceptibilidad a asentamientos diferenciales. En consecuencia, la distribución espacial de estos depósitos representa un factor clave para evaluar los efectos sísmicos del sitio y el desempeño geotécnico del subsuelo en toda el área metropolitana. La actividad geomorfológica del Holoceno modificó aún más el fondo del valle mediante flujos de detritos a gran escala, la agradación de la llanura de inundación, la desviación de cauces y la redistribución de sedimentos. La evidencia de obstrucciones repetidas del drenaje y la acumulación rápida de sedimentos demuestra que los procesos geomórficos catastróficos han jugado un papel importante en la configuración del paisaje moderno y continúan representando un componente importante de la evaluación de los riesgos geológicos regionales (Singer et al. 2021). Desde una perspectiva de ingeniería, el marco cuaternario del Valle de Caracas resalta la necesidad de tener en cuenta las transiciones litológicas abruptas, los paleocanales enterrados, las condiciones variables del agua subterránea y las acumulaciones localizadas de sedimentos lacustres blandos al evaluar el diseño

de las fundaciones de las edificaciones, la respuesta sísmica del terreno y la resiliencia de la infraestructura.

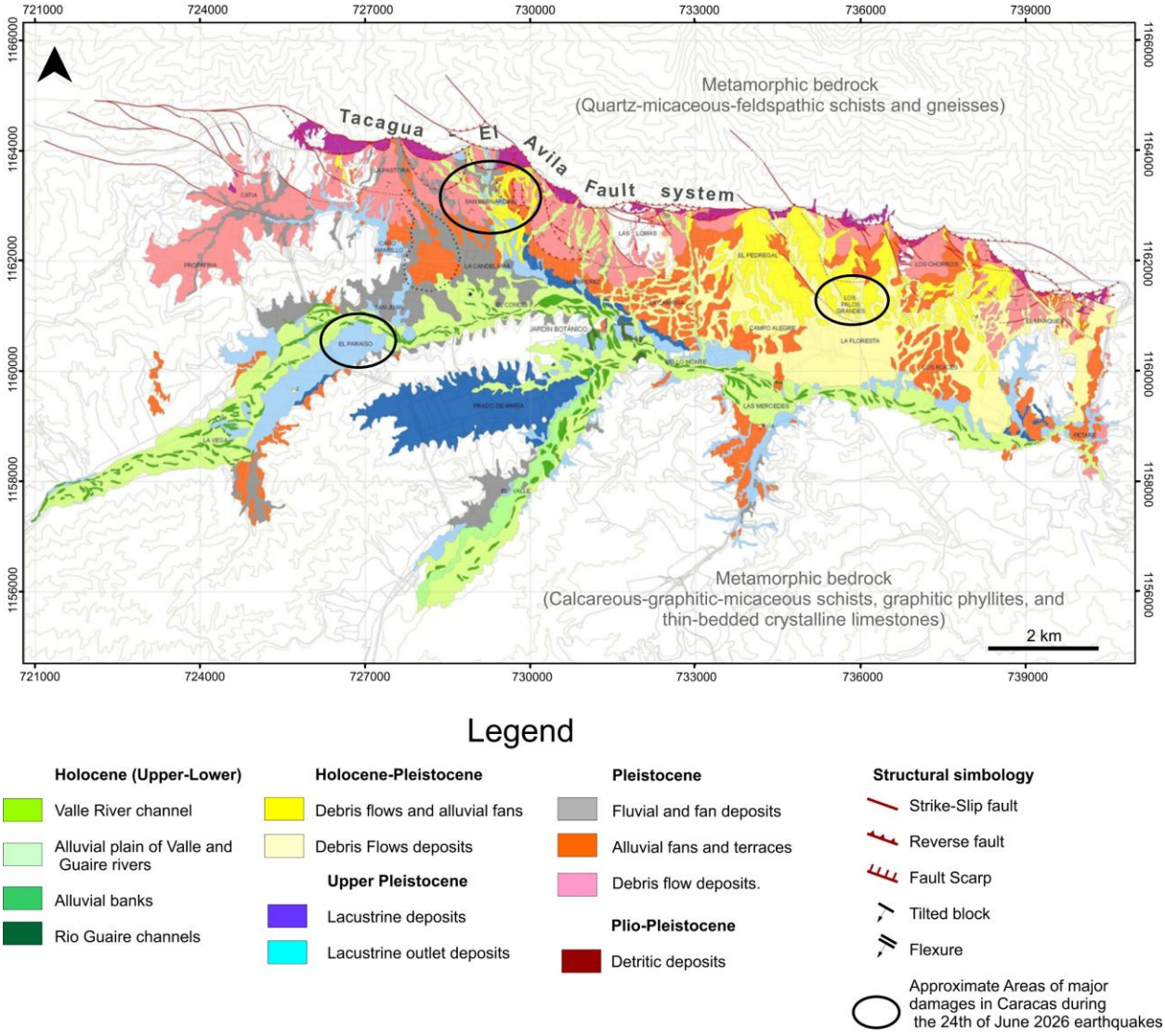


Figura 4-2. Mapa geológico del valle de Caracas. Modificado y adaptado de Singer et al. (2021) y Oropeza y Singer (2015). Las zonas que sufrieron daños importantes luego de los terremotos del 24 de junio de 2026 están marcadas con círculos negros.

4.5 Agradecimientos

Los autores desean agradecer al Dr. Franco Urbani, al Dr. Marvin Baquero y a Javier Oropeza por recopilar y compartir valiosa información de primera mano, mapas y documentos durante los primeros días posteriores al terremoto. Un agradecimiento especial al profesor José Regeiro por su tiempo y por la charla sobre las características de los terremotos. Agradecemos al Dr. Michael Schmitz por brindar información útil para apoyar la logística en el terreno. Gracias al Profesor Crisanto Silva (Universidad Simón Bolívar) y Mauricio Hernández (Universidad Central de

Venezuela) por compartir y discutir sus observaciones de campo y por su disposición a colaborar en medio de esta inmensa tragedia.

4.6 Referencias

Bermúdez, P. y Fuenmayor, A., 1962. Notas sobre los foraminíferos del Grupo Cabo Blanco, Venezuela Boletín Informativo, vol. 5 N° 1, enero de 196.

Oropeza, J. y Singer, A., 2015. Propuesta geológica de microzonas sísmicas para la ciudad de Caracas. Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela, 30(2, 109-120.

Singer, A., Zambrano, A. y Tagliaferro, JOM, 2012. IX Congreso Geológico Venezolano.

Urbani, F., Ge 2000. Consideraciones geológicas de la catástrofe del estado Vargas de diciembre 1999.Geos, 35, 13-22.

Urbani Patat Franco (Editor), 2025 Geología de la Región Septentrional de Venezuela. Volumen 1. Evolución del conocimiento geológico y síntesis de los terrenos tectonoestratigráficos. Caracas: Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat y Fundación Geos – UCV. xxvi + 1.091 págs.

Urbani, F.O., Contreras, L., García de los Salmones, I., Sabino, A., Aranguren, R., Uzcátegui, R., and Baena, J., 1997, Cartografía geológica de flanco sur del macizo de El Avila desde Maripérez hasta Izcaragua, Cordillera de la Costa, D.F. y estado Miranda Venezuela: Mem. VIII Congr. Geol. Venezolano, Porlamar, v. 2, p. 463–468.

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. ISSN 1317-6781. Caracas, Nº 71 abril-junio 2026. Suplemento Especial S4, págs. 643-717. https://n2t.net/ark:/42414/banih/712026/142.

Weisbord, N.E., 1957. Notes on the Cabo Blanco Area, Venezuela: Bulletins of American Paleontology, v. 38, no. 165, p. 1–51.

Wieczorek, G.F., Larsen, M.C., Eaton, L.S., Morgan, B.A., and Blair, J.L., 2002. Debris-flow and flooding deposits in coastal Venezuela associated with the storm of December 14–16, 1999 [Depósitos de flujos de detritos e inundaciones en la costa de Venezuela asociados con la tormenta del 14 al 16 de diciembre de 1999]. U.S. Geological Survey Geologic Investigations Series Map I–2772, 2 sheets, scale 1:25,000. Preparado en cooperación con la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). Reston, VA: U.S. Geological Survey.

5. SISMICIDAD Y CARACTERÍSTICAS DE LA FUENTE SÍSMICA

Tabla 5-1. Autores principales de esta sección

Nombre	Afiliación
Shiying Nie	Científica sénior especializada en sismología en Karen Clark & Company, EE. UU.

5.1 Resumen

El norte de Venezuela se encuentra dentro de una amplia zona transpresiva de límite de placas entre las placas del Caribe y de Sudamérica. La principal estructura dextral es el sistema de fallas Boconó-San Sebastián-El Pilar; el sistema Oca-Ancón es un importante sistema dextral secundario en el noroeste de Venezuela (Audemard et al., 2000, 2006). El primer sub-evento (de magnitud 7.2) se originó en la región de la fuente occidental, donde el mapa de fallas regionales muestra el sistema Boconó con rumbo noreste acercándose al sistema San Sebastián aproximadamente en dirección este-oeste (Figura 1-2). El ramal que albergó el sub-evento inicial y la geometría de la transferencia siguen siendo inciertos (USGS, 2026a, 2026b).

Los terremotos del 24 de junio de 2026 en Venezuela fueron dos grandes sub-eventos de desplazamiento lateral separados por aproximadamente 29.6 segundos en el catálogo actual del USGS y 33.2 segundos en el catálogo GFZ/GEOFON. Las soluciones actuales del tensor de momento del USGS y del GFZ sitúan el primer origen en la región fuente occidental y el hipocentro de magnitud 7.5 frente a la costa de La Guaira, cerca de Catia La Mar. La solución de falla finita del USGS representa el desplazamiento secuencial en dos segmentos de fuerte buzamiento utilizando restricciones sísmicas, de InSAR y de GNSS. La secuencia espacial y la información sobre la fuente rápida coinciden en general con una progresión de la fuente de oeste a este, aunque la velocidad de ruptura y la trayectoria de transferencia siguen siendo inciertas. Entre las posibles vías de transición se incluyen la transferencia entre los sistemas de fallas de Boconó y San Sebastián y la participación de ramales paralelos o ramificados. La correlación de imágenes ópticas identifica una posible deformación tectónica cercana a la superficie en La Guaira, mientras que la señal de Caraballeda es más consistente con el desprendimiento lateral o el desplazamiento gravitacional. La progresión hacia el este hace plausible la directividad, pero también es necesario evaluar la proximidad de la fuente y la respuesta de la cuenca de Caracas. Para separar estos efectos, se necesitan grabaciones locales, observaciones de campo y modelos específicos para cada evento.

5.2 Cronología de eventos y evolución de las soluciones de la fuente

Los catálogos actuales identifican dos sub-eventos principales separados por unos 30 segundos. Los orígenes actuales del USGS y GEOFON sitúan el primer sub-evento en la región de origen occidental y el segundo en la costa de La Guaira, cerca de Catia La Mar. Las soluciones del tensor de momento indican fallas predominantemente de desplazamiento lateral para ambos sub-eventos y, junto con sus tiempos de origen relativos, favorecen una progresión de la fuente de oeste a este,

aunque los ramales de falla particulares y la trayectoria de transferencia siguen siendo inciertas (GFZ Helmholtz Centre for Geosciences, 2026c; USGS, 2026a, 2026b, 2026c). El catálogo Global Centroid Moment Tensor (GCMT) ofrece una solución única para un evento de magnitud 7.5 (Global CMT Project, 2026).

El catálogo actual del USGS caracteriza la secuencia como un evento de magnitud 7.2 en 10.4085°N, 68.5571°O y 22:04:34.363 UTC, seguido de un evento de magnitud 7.5 en 10.6221°N, 67.1935°O y 22:05:03.992 UTC. Los orígenes del catálogo actual están separados por aproximadamente 29.6 segundos. Las soluciones anteriores del USGS ubicaban los epicentros de los terremotos de magnitud 7.2 y 7.5 cerca uno del otro en la región de la fuente occidental; la solución actual (actualizada el 28 de julio de 2026) reubica el hipocentro del terremoto magnitud 7.5 hacia el este, cerca de Catia La Mar (USGS, 2026b, 2026c). La solución se desarrolló a lo largo de 33 días.

La instantánea del catálogo del USGS reproducida por Hubbard y Bradley (2026) se muestra en la Figura 5-1. Se muestra la estimación inicial de la ubicación del epicentro correspondiente al terremoto de magnitud 7.5, así como las ubicaciones de los eventos de magnitud 7.2 y magnitud 4 o superior hasta el 1 de julio de 2026. La Figura 5-2 presenta una versión actualizada del pronóstico de réplicas elaborado por el USGS (último acceso: 5 de agosto de 2026). La Figura 5-3 también ilustra la estimación actual de la ubicación del epicentro del terremoto de magnitud 7.5 según el USGS.

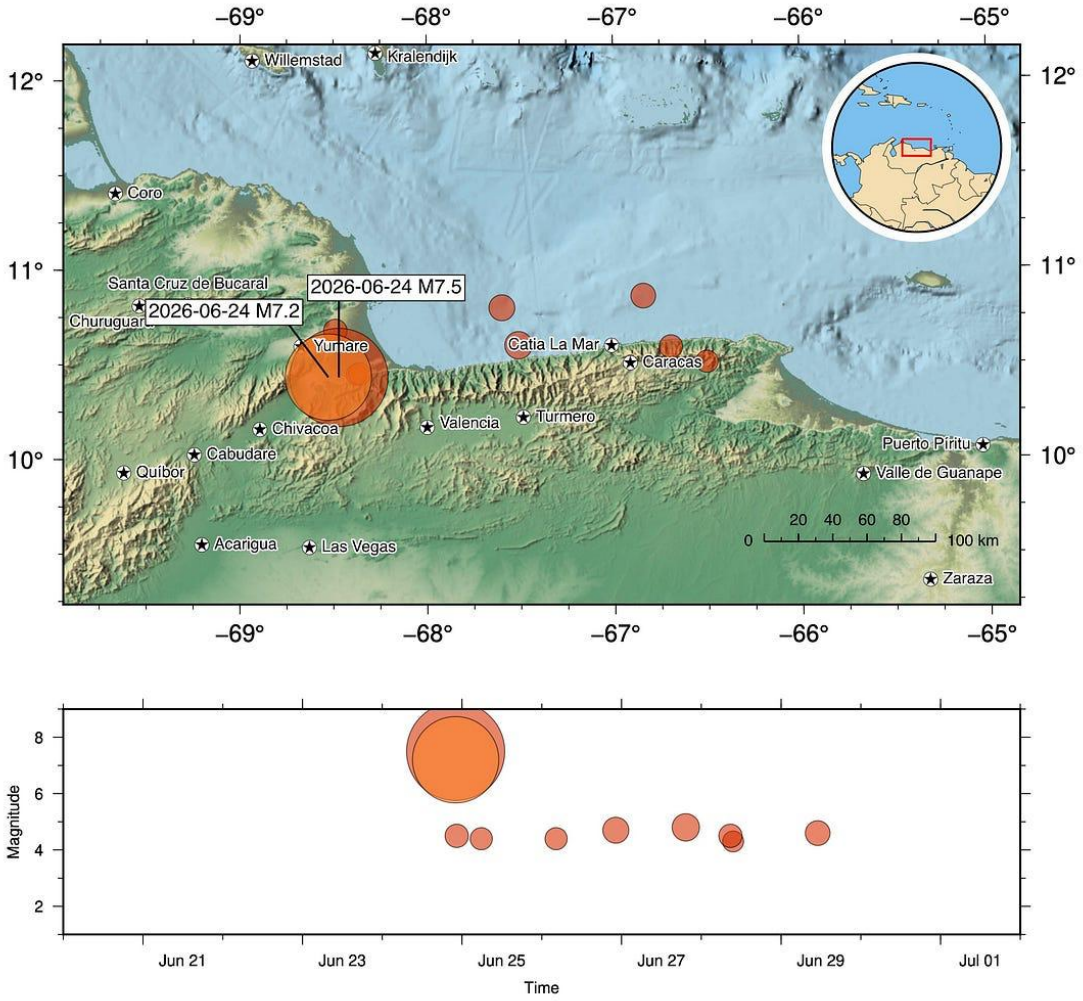


Figura 5-1. Instantánea del catálogo del USGS reproducida por Hubbard y Bradley (2026), que muestra las ubicaciones iniciales informadas para los terremotos de magnitud 7.2 y 7.5 y los eventos de magnitud 4 o superior hasta el 1 de julio de 2026; el panel inferior refleja la magnitud en función del tiempo. Las dos ubicaciones de grandes sismos que aparecen en esta instantánea han sido reemplazadas; el catálogo actual del USGS sitúa el hipocentro del sismo de magnitud 7.5 frente a la costa de La Guaira, cerca de Catia La Mar.

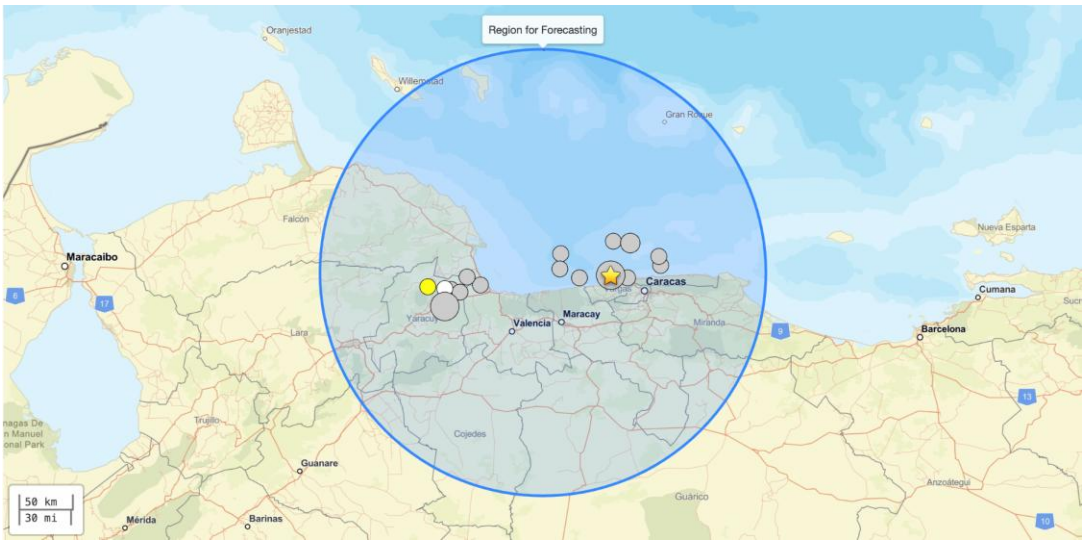


Figura 5-2. Instantánea reproducida de la proyección de réplicas del USGS (último acceso: 5 de agosto de 2026). Los colores indican las réplicas que han ocurrido en la última semana (amarillo), el último mes (blanco) o hace más de un mes (gris). La ubicación actualizada del epicentro de magnitud 7.5 se muestra con una estrella.



Figura 5-3. Ubicaciones actualizadas del catálogo del USGS de los terremotos de magnitud 7.2 y 7.5, que muestran el epicentro occidental del terremoto de magnitud 7.2 y el epicentro oriental del terremoto de magnitud 7.5 frente a la costa de La Guaira, cerca de Catia La Mar. Servicio Geológico de los Estados Unidos (2026b, 2026c).

Los registros de eventos de GEOFON (GFZ Helmholtz Centre for Geosciences, 2026a, 2026b) ubican el primer sub-evento en 10.41°N, 68.52°W y 22:04:32.3 UTC y el segundo en 10.69°N, 67.10°W y 22:05:05.5 UTC, lo que da un intervalo de tiempo de origen de 33.2 segundos (Figura 5-4). Los epicentros actuales del segundo sub-evento (de mayor magnitud), según el USGS y GEOFON, están separados aproximadamente 13 km (GFZ 2026a, 2026b; USGS, 2026c). El

informe de estado del GFZ señala que la superposición de las ondas sísmicas dificulta la determinación de la magnitud y la ubicación de la segunda fuente, y considera que la secuencia es físicamente compatible con un terremoto que involucra dos sub-rupturas importantes (GFZ 2026c).

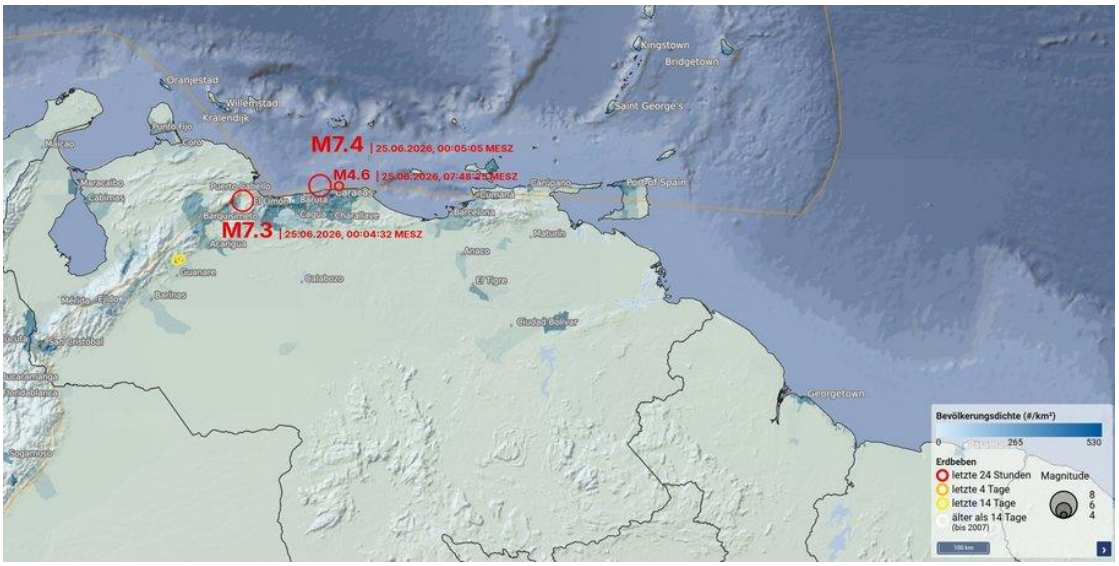


Figura 5-4. Ubicación de los terremotos del norte de Venezuela del 24 de junio de 2026 y una réplica temprana de magnitud 4.6, según lo informado por GFZ/GEOFON. Instantánea reproducida del GFZ Helmholtz Centre for Geosciences (2026c); orígenes actuales del USGS: Servicio Geológico de los Estados Unidos (2026b, 2026c).

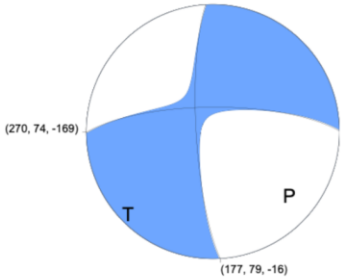
Las soluciones de tensor de momento de ambas agencias ofrecen una comparación adicional de los dos sub-eventos. No obstante, las magnitudes informadas, las profundidades de la fuente y los parámetros del centroide difieren.

Tabla 5-2. Comparación entre las soluciones de fuente y los productos de ruptura actuales y anteriores.

Fuente/producto	Representación del evento	Resultado de la ubicación/mecanismo de la fuente principal
Catálogo del USGS (Servicio Geológico de los Estados Unidos, 2026b, 2026c)	Orígenes del catálogo actual y los tensores de momento de fase W	Orígenes separados por 29.6 segundos: M7.2 al oeste y M7.5 cerca de Catia La Mar. Predominantemente de desplazamiento lateral; la interpretación del plano nodal de fuerte buzamiento este-oeste es de desplazamiento lateral derecho
Registros de eventos de GEOFON (GFZ Helmholtz	Orígenes del catálogo y los tensores de momento estándar de GEOFON	Orígenes separados por 33.2 segundos: el primero al oeste y el segundo frente a la costa de

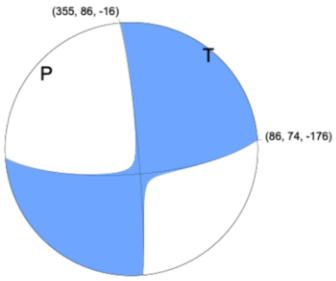
Fuente/producto	Representación del evento	Resultado de la ubicación/mecanismo de la fuente principal
Centre for Geosciences, 2026a, 2026b)		La Guaira, cerca de Catia La Mar. Predominantemente de desplazamiento lateral; la interpretación del plano nodal de fuerte buzamiento este-oeste es de desplazamiento lateral derecho
Catálogo de Global CMT (Global CMT Project, 2026)	Solución de tensor de momento de centroide único asociada al sub-evento de magnitud 7.5	Centroide en 10.59°N, 67.30°O y 12 km de profundidad; Mecanismo predominantemente de desplazamiento lateral; no hay solución GCMT separada para el sub-evento precedente.
Modelo de falla finita del USGS (Servicio Geológico de los Estados Unidos, 2026a)	Representación de fallas finitas del desplazamiento relacionado con la secuencia utilizando restricciones sísmicas, de InSAR y de GNSS	Dos segmentos de fuerte buzamiento (aproximadamente 81°/78° y 86°/78°); Evento 1 occidental y Evento 2 oriental; desplazamiento máximo modelado de aproximadamente 1.8 m
Inversión IREA-CNR/INGV InSAR (INGVterremoti, 2026)	Modelo preliminar de fuente geodésica basado en los interferogramas de Sentinel-1	Modelo preliminar de fuente casi vertical, lateral derecho, que se extiende aproximadamente 180 km, con dos regiones de desplazamiento principales
Síntesis por retroproyección (EarthScope Consortium, 2026)	Producto de retroproyección rápida generado automáticamente y sin revisión.	Las ubicaciones de máxima potencia del haz representadas gráficamente tienden en general hacia el este; la interpretación depende de la geometría del arreglo y la resolución del procesamiento

M 7.2:



Moment	7.277e+19 N-m
Magnitude	7.17 Mww
Depth	11.5 km

M 7.5:

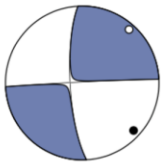


Moment	2.122e+20 N-m
Magnitude	7.48 Mww
Depth	23.5 km

Figura 5-5. Soluciones del tensor de momento de fase W del USGS para los sub-eventos M7.2 y M7.5. Los valores que se muestran junto a los planos nodales son el rumbo, el buzamiento y el deslizamiento; la magnitud del momento sísmico informada y la profundidad del centroide se enumeran debajo de cada mecanismo focal. Recopilado a partir de datos del Servicio Geológico de los Estados Unidos (2026b, 2026c).

M 7.3:

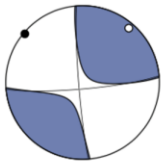
GEOFON standard[1]



Time	2026-06-24 22:04:32		
Magnitude	7.3		
Latitude	10.41°N		
Longitude	68.52°W		
Depth	12 km		
Nodal planes	Strike	Dip	Rake
	176°	77°	-1°
	267°	88°	-167°

M 7.4:

GEOFON standard[1]



Time	2026-06-24 22:05:05		
Magnitude	7.4		
Latitude	10.69°N		
Longitude	67.10°W		
Depth	13 km		
Nodal planes	Strike	Dip	Rake
	175°	85°	6°
	85°	83°	175°

Figura 5-6. Soluciones estándar del tensor de momento de GFZ/GEOFON para los sub-eventos M7.3 y M7.4, incluyendo el origen del evento, la ubicación de la fuente, la profundidad de la fuente y el

rumbo, buzamiento y deslizamiento de ambos planos nodales. La solución estándar de GEOFON utiliza ondas de cuerpo y de superficie. Recopilado a partir de los registros de eventos de GEOFON (GFZ Helmholtz Centre for Geosciences, 2026a, 2026b; CC BY 4.0).

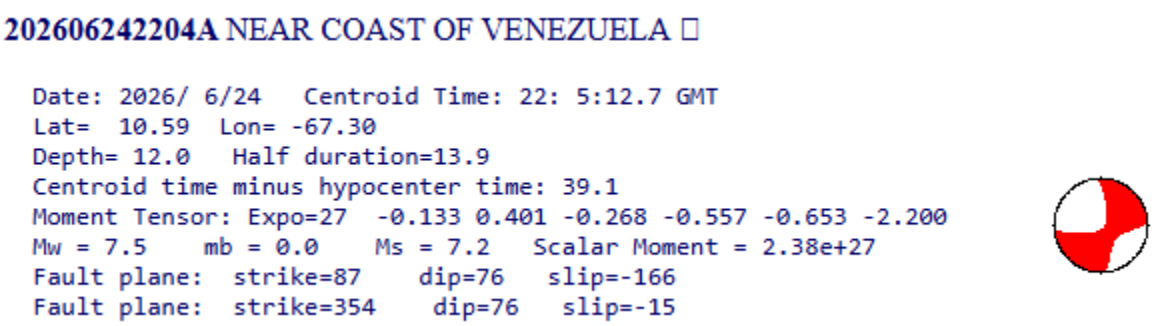


Figura 5-7. Información del catálogo de GCMT y solución del tensor de momento para el evento M7.5.

El catálogo de GCMT proporciona una única solución para el sub-evento M7.5, con un centroide en 10.59°N, 67.30°W y 12 km de profundidad. La solución también indica fallas predominantemente de desplazamiento lateral; no se identificó ninguna solución separada de GCMT para el sub-evento precedente (Global CMT Project, 2026, Figura 5-7).

En cada solución del USGS, un plano nodal pronunciado, con orientación aproximada de este a oeste, tiene valores de rumbo/buzamiento/deslizamiento de 270°/74°/−169° para el sub-evento de magnitud 7.2 y de 86°/74°/-176° para el sub-evento de magnitud 7.5. Los planos de GFZ correspondientes son 267°/88°/−167° y 85°/83°/175°, respectivamente. La única solución de GCMT para el sub-evento de magnitud 7.5 tiene un plano nodal este-oeste comparable de 87°/76°/−166°; su plano conjugado es de 354°/76°/−15°. Por lo tanto, las tres agencias indican fallas pronunciadas: un buzamiento de aproximadamente 74° en las soluciones del USGS, de 83 a 88° en las soluciones del GFZ y de 76° en la solución del GCMT. En esos planos este-oeste, los ángulos de deslizamiento cercanos a ±180° son consistentes con un movimiento predominantemente lateral derecho y solo pequeños componentes oblicuos. Las soluciones coinciden con la ruptura en el sistema de fallas dextrales del norte de Venezuela (GFZ, 2026a, 2026b; USGS, 2026b, 2026c). En la Tabla 5-2 y en la Figura 5-5 a la Figura 5-7 se presentan comparaciones adicionales.

5.3 Evolución de la ruptura y geometría de la falla

Los análisis de retroproyección utilizan la energía coherente de ondas P de período corto registrada por los arreglos regionales o telesísmicos para rastrear la ubicación de la radiación de alta frecuencia a lo largo del tiempo (EarthScope Consortium, s.f.). Las ubicaciones de los máximos representados gráficamente en dos productos rápidos muestran una tendencia generalizada de oeste a este, en dirección a Caracas. El producto de EarthScope SPUD se genera automáticamente y no se ha revisado. La Figura 5-8 es un análisis separado. La interpretación depende de la geometría del arreglo, la resolución y los supuestos de procesamiento (EarthScope Consortium, 2026).

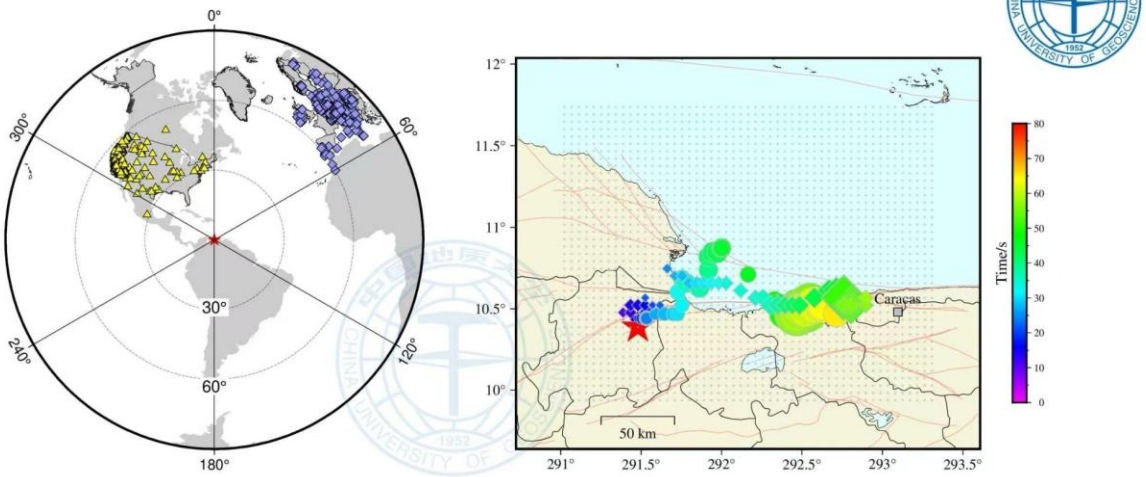


Figura 5-8. Imagen preliminar de retroproyección de los terremotos de Venezuela del 24 de junio de 2026. El panel izquierdo muestra la geometría del arreglo de estaciones, y el panel derecho muestra los máximos de retroproyección codificados en el tiempo, cuyas ubicaciones representadas gráficamente tienden generalmente hacia el este. Fuente: Dun Wang y colaboradores, China University of Geosciences, Wuhan.

Las Figura 5-9 y Figura 5-10 incluyen, respectivamente, el campo de deformación derivado de InSAR y el interferograma de Sentinel-1 que muestran la deformación del terreno asociada con los terremotos de Venezuela de junio de 2026. En la Figura 5-9, cada ciclo interferométrico completo representa aproximadamente 2.8 cm de desplazamiento de la línea de visión del satélite. En la Figura 5-10, el interferograma compara las adquisiciones de radar del 18 y el 25 de junio de 2026. El patrón de franjas indica una deformación que se extiende hacia el oeste desde Caracas hacia Puerto Cabello, con un desplazamiento preliminar en la línea de visión del orden de 30 cm.

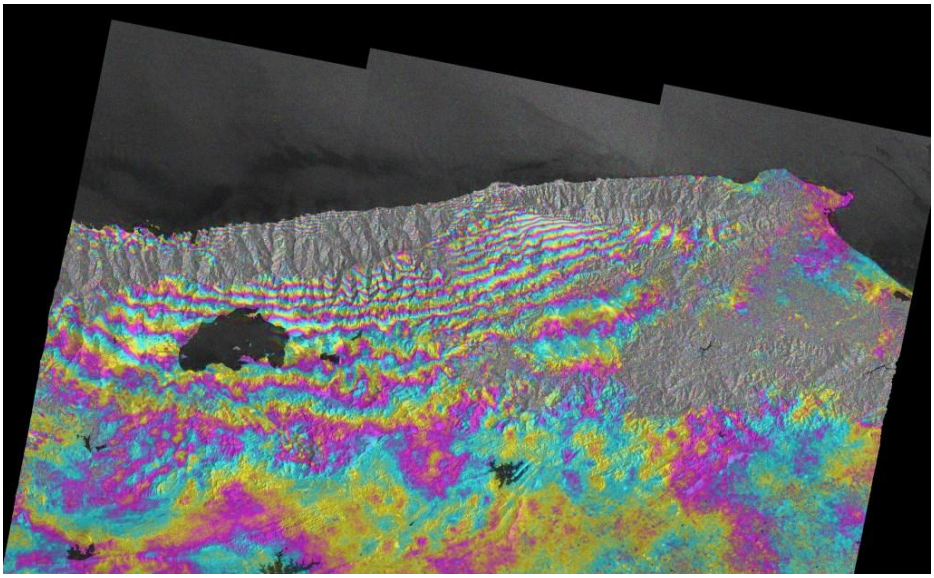


Figura 5-9. Campo de deformación derivado de InSAR asociado con la secuencia sísmica del 24 de junio de 2026 en Venezuela. Figura generada a partir de imágenes del satélite Copernicus Sentinel-1. Procesamiento de InSAR y modelado preliminar de la fuente: IREA-CNR e INGV; reproducido a partir de INGVterremoti (2026).

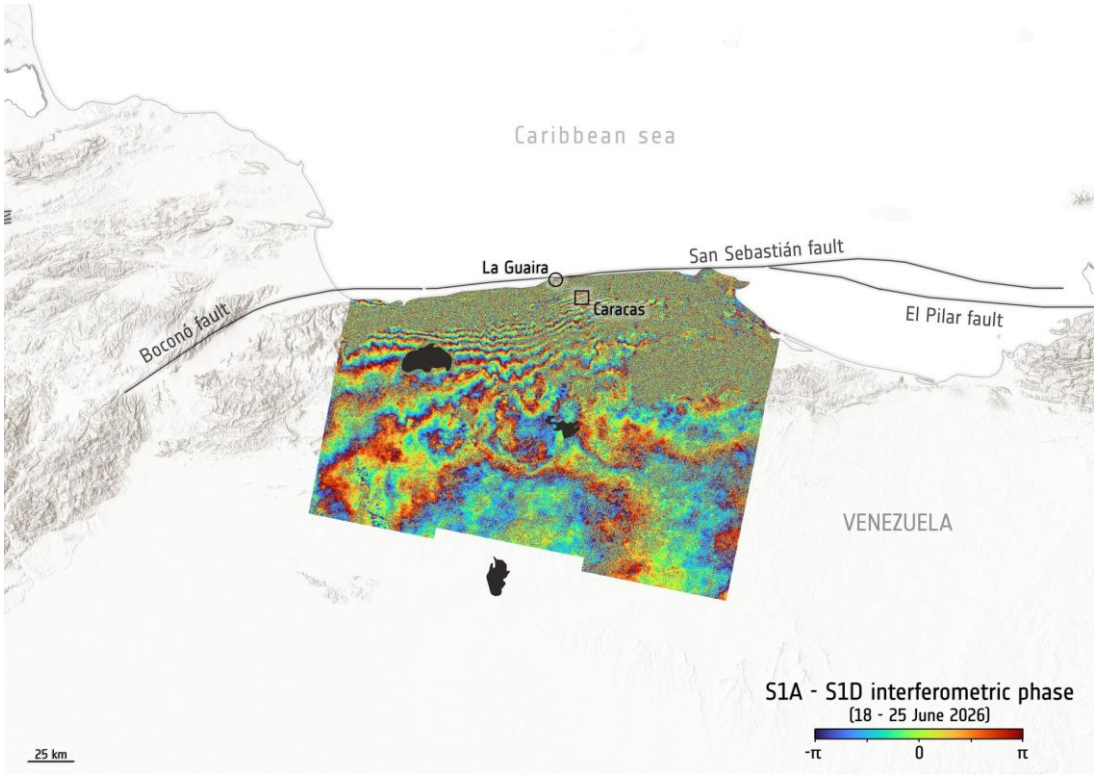


Figura 5-10. Interferograma del satélite Sentinel-1 que muestra la deformación del terreno asociada al doblete sísmico ocurrido en Venezuela el 24 de junio de 2026. Fuente: datos modificados del satélite Copernicus Sentinel-1 (2026), procesados por la Agencia Espacial Europea.

La Figura 5-11 muestra la versión del 27 de julio de 2026 del modelo de falla finita del USGS para los terremotos de Venezuela del 24 de junio de 2026. La solución de falla finita del USGS representa un desplazamiento relacionado con la secuencia en dos segmentos de desplazamiento lateral de fuerte buzamiento, con rumbos de aproximadamente 81° y 86° y un buzamiento de 78°. Muestra la ubicación de los eventos en el oeste y el este, y utiliza onda telesísmicas, InSAR y restricciones GNSS. La escala de desplazamiento representada gráficamente alcanza aproximadamente 1.8 m. La velocidad de ruptura y la falla específica que conecta las regiones modeladas de desplazamiento lateral occidental y oriental siguen siendo inciertas (USGS, 2026a).

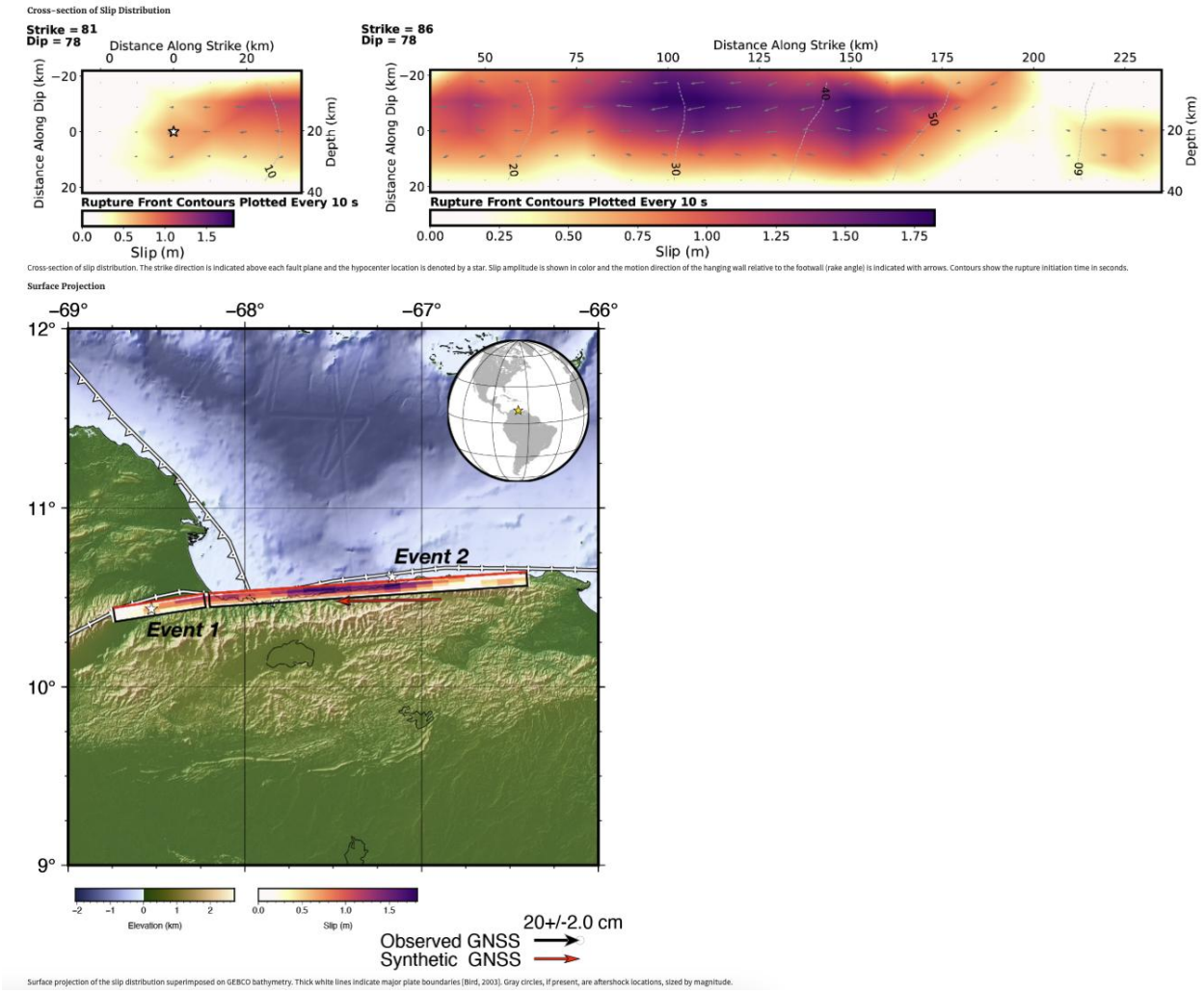


Figura 5-11. Modelo de falla finita del USGS para los terremotos de Venezuela del 24 de junio de 2026; actualizado el 27 de julio de 2026. Arriba: secciones transversales del desplazamiento lateral modelado en dos segmentos de falla, con rumbo y buzamiento del segmento, amplitud del desplazamiento, flechas que indican la dirección del desplazamiento, estrellas que señalan la ubicación del evento y contornos del frente de ruptura a intervalos de 10 segundos. Abajo: proyección de superficie que muestra la ubicación occidental del Evento 1 y oriental del Evento 2, el desplazamiento modelado, la geometría de la falla y los vectores de GNSS observados y sintéticos. Fuente: Servicio Geológico de los Estados Unidos (2026a).

La geometría regional permite la transferencia de la ruptura desde la falla de Boconó a la falla de San Sebastián, mientras que los ramales paralelos y la complejidad geométrica permiten otras trayectorias de transición (como también se analiza en el Capítulo 3). Los interferogramas y las inversiones de la fuente muestran un patrón general de deformación costera que abarca aproximadamente entre 180 y 210 km. Los productos Sentinel-1 de la ESA indican un desplazamiento en la línea de visión del orden de decenas de centímetros en una amplia región, mientras que el procesamiento de la investigación y las inversiones estiman un desplazamiento localizado mayor cerca de la costa (Audemard et al., 2000, 2006; Agencia Espacial Europea, 2026; INGVterremoti, 2026).

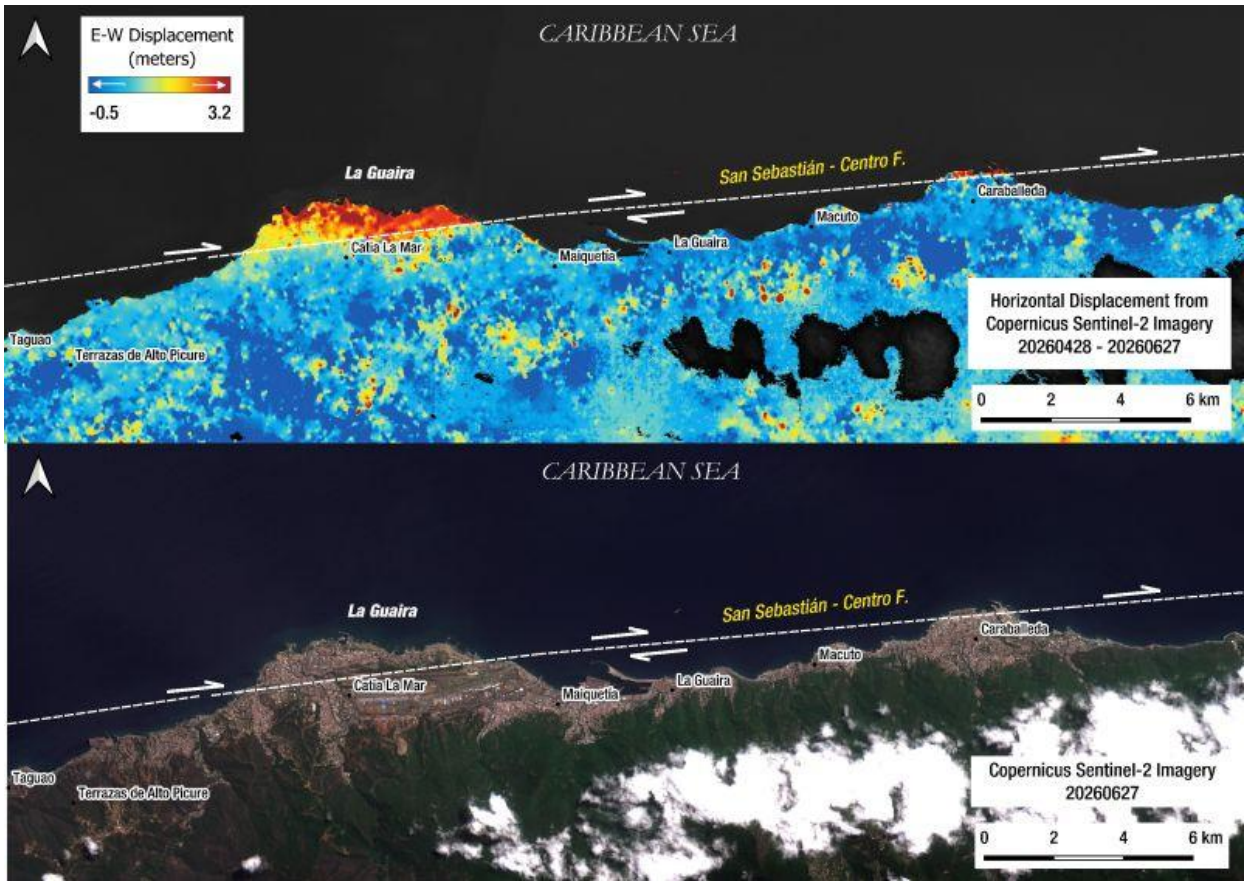


Figura 5-12. Campo de desplazamiento preliminar este-oeste a partir de la correlación óptica de imágenes de Copernicus Sentinel-2 anteriores y posteriores al evento a lo largo de la costa de La Guaira-Caraballeda. El autor de la fuente interpretó una señal dextral de aproximadamente 2 m en La Guaira y consideró que la continuación hacia Caraballeda era tentativa. Contiene datos modificados de Copernicus Sentinel-2 (2026); análisis y figura de Valkaniotis (2026a).

Valkaniotis (2026a) informó de una señal de desplazamiento de aproximadamente 2 m de este a oeste en La Guaira, consistente con una deformación superficial dextral, e indicó que era posible que se extendiera hacia Caraballeda. Un análisis posterior del abanico aluvial de Caraballeda mostró, en cambio, una zona de desplazamiento predominantemente hacia el norte sin un patrón este-oeste predominante y claro; se favoreció el desprendimiento lateral o el deslizamiento gravitacional sobre la ruptura superficial de desplazamiento lateral (Valkaniotis, 2026b). Por lo tanto, la Figura 5-12 proporciona evidencia preliminar de una posible deformación tectónica cerca de la superficie en La Guaira, no una confirmación de una ruptura en tierra firme a través de Caraballeda.

La inversión de INGV permite un desplazamiento superficial, y el resultado óptico indica una posible deformación cerca de la superficie en La Guaira. Se necesitan datos de campo para distinguir la ruptura tectónica primaria de la deformación distribuida y el movimiento de laderas o del terreno costero. Gran parte de la ruptura inferida de San Sebastián se encuentra en alta mar o muy cerca de la costa, donde la decorrelación del radar, la vegetación, los deslizamientos de

tierra, el desarrollo costero y la deformación distribuida limitan la resolución (INGVterremoti, 2026; Valkaniotis, 2026a, 2026b).

Un modelo de falla finita preferido para la caracterización del movimiento del terreno (p. ej., aplicaciones de NGA) integraría múltiples conjuntos de datos complementarios, incluidos los registros locales del movimiento del terreno, ondas telesísmicas, observaciones de GNSS y restricciones de InSAR (Buckreis & Stewart, 2025). Actualmente no se dispone de un modelo tan completo para esta secuencia, pero es probable que esté disponible a medida que se publiquen datos y análisis adicionales.

5.4 Secuencia de réplicas y distribución espacial

El informe de EERI VERT reprodujo una instantánea temprana del panel de control de FUNVISIS, recuperada el 27 de junio. En él se describían 138 eventos entre el 24 y el 26 de junio: 133 con M < 4, tres con M 4–6 y dos con M > 6; 129 estaban a menos de 30 km de profundidad, cinco estaban a profundidades de 30–80 km y cuatro estaban a más de 80 km de profundidad. Se informaron concentraciones cerca de Naiguatá, La Guaira, San Felipe, Maracay y la región de Caracas-Valencia (Chen et al., 2026). Las Figura 5-13 y Figura 5-14muestran una compilación preliminar de sismicidad independiente proporcionada por Baoning Wu (UCSD, comunicación personal).

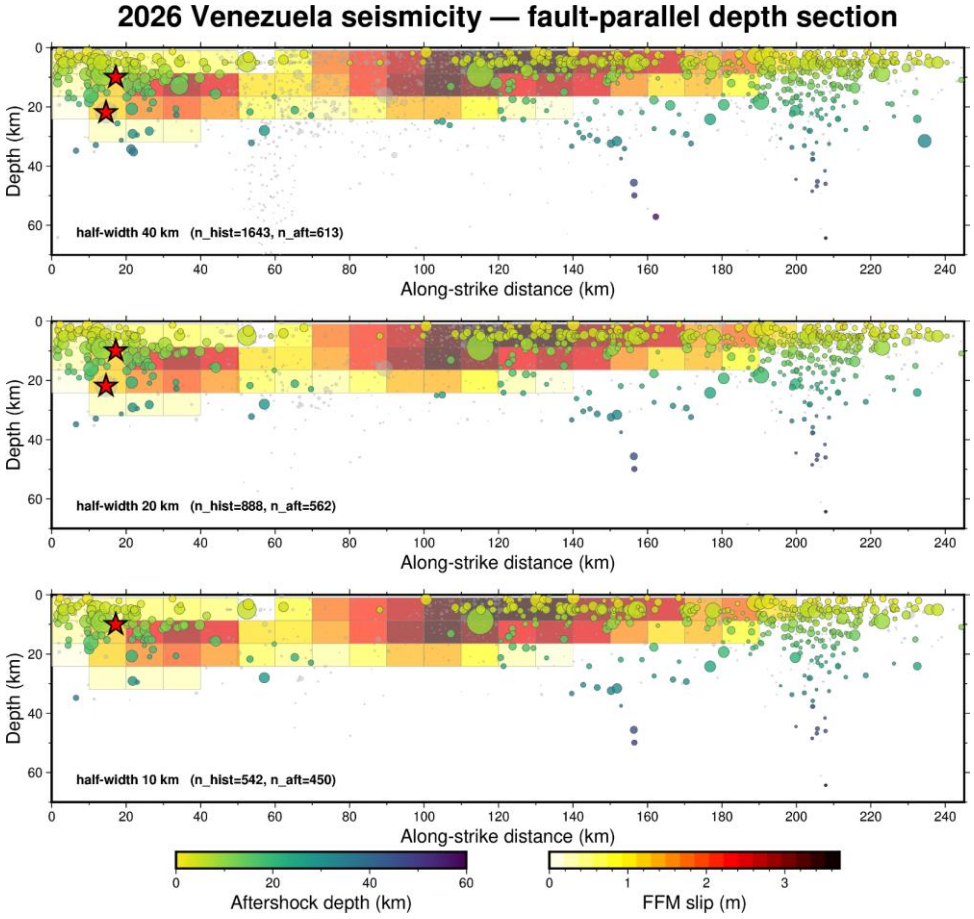


Figura 5-13. Secciones de profundidad paralelas a la falla, procedentes de la compilación preliminar del 17 de julio de 2026 sobre los terremotos de Venezuela. La sismicidad histórica se muestra en gris, los eventos posteriores al sismo principal tienen color según la profundidad, las ubicaciones de los dos sismos principales están marcadas con estrellas rojas y el desplazamiento modelado se muestra como parches de falla coloreados. Las estrellas y las zonas de desplazamiento representan las ubicaciones iniciales del USGS (es decir, no actualizadas para el evento de magnitud 7.5) y la solución de falla finita disponible el 17 de julio. Las secciones incluyen los terremotos ocurridos dentro de 40 km, 20 km y 10 km del perfil, respectivamente. Visualización y recopilación de sismicidad: Baoning Wu, comunicación personal; parches de falla finitos y coordenadas del sismo principal en ese momento: Productos del USGS consultados el 17 de julio de 2026.

En la compilación del 17 de julio de 2026, la sismicidad posterior al sismo principal se concentra cerca de la región de fuente occidental y hacia el extremo oriental de la ruptura modelada, con una brecha de sismicidad relativa entre los dos grupos. La brecha central se superpone a parte de la región de alto desplazamiento que se muestra en el mismo modelo de fuente. El clúster oriental puede reflejar una redistribución de la tensión, la segmentación o ramificación de la falla, o un ajuste continuo cerca del punto final de ruptura. El monitoreo continuo y la mejora de las reubicaciones a raíz de los terremotos pueden ayudar a distinguir entre estos procesos.

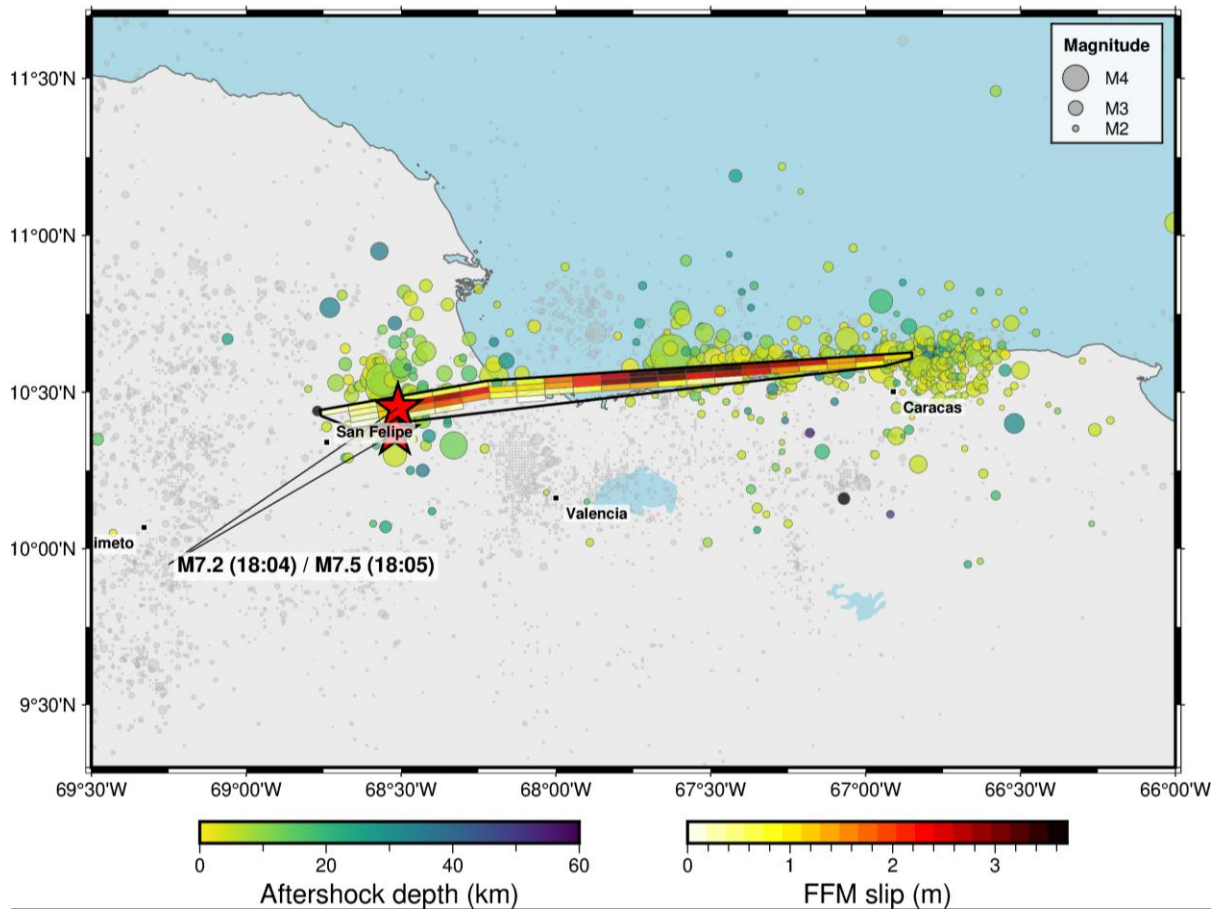


Figura 5-14. Mapa procedente de la compilación preliminar del 17 de julio de 2026 de la secuencia sísmica de Venezuela. La sismicidad histórica se muestra en gris, los eventos posteriores al sismo principal tienen color según la profundidad y en escala según la magnitud, y las zonas de falla finitas

están coloreadas según el desplazamiento modelado. Las estrellas y las zonas de desplazamiento representan las ubicaciones iniciales del USGS y la solución de falla finita disponible el 17 de julio. Visualización y recopilación de sismicidad: Baoning Wu, comunicación personal; parches de falla finitos y coordenadas del sismo principal en ese momento: Productos del USGS consultados el 17 de julio de 2026. Cabe destacar que el 27 de julio de 2026 el USGS actualizó su modelo de ruptura de falla y la ubicación del evento de magnitud 7.5.

5.5 Directividad de la ruptura e implicaciones del movimiento del suelo

La información disponible sobre las fuentes coincide en gran medida con una progresión de la fuente predominantemente hacia el este, lo que sitúa a La Guaira y Caracas, en general, en la posible dirección de avance de la ruptura. Somerville et al. (1997) encontraron que el avance de la ruptura en sitios cercanos a fallas puede aumentar la aceleración espectral normal a la falla en períodos más largos que aproximadamente 0.6 s y acortar la duración de un movimiento fuerte. Para los eventos de 2026, la directividad sigue siendo una interpretación que se puede comprobar; se necesitan grabaciones locales y modelos específicos para cada evento para cuantificar su contribución.

La evaluación de los daños informados en edificios de mediana y gran altura debe considerar la proximidad de la fuente, la posible directividad, la respuesta modelada de la cuenca de Caracas, dos episodios importantes de la fuente cuyos orígenes en el catálogo están separados por aproximadamente 30 a 33 segundos, el daño acumulativo y las vulnerabilidades informadas, incluidos los marcos de concreto armado no dúctiles y el relleno de mampostería sin refuerzo.

Semblat et al. (2002) modelaron la respuesta de ondas SH de movimiento débil en la cuenca aluvial de Caracas. Su modelo produjo una amplificación dependiente de la frecuencia, con efectos por debajo de 1 Hz en la cuenca más profunda y por encima de 1 Hz en las partes más delgadas. El intervalo de baja frecuencia se superpone al intervalo de período en el que Somerville et al. (1997) encontraron los efectos de directividad.

5.6 Prioridades de reconocimiento

La síntesis de las fuentes identifica cuatro prioridades para el reconocimiento continuo: verificación en campo de posibles deformaciones cerca de la superficie cerca de La Guaira y deformaciones del terreno en Caraballeda; la documentación de fuentes de catálogo y los métodos de procesamiento para la compilación preliminar de sismicidad; datos locales de movimientos fuertes y condiciones del sitio para probar la directividad, la proximidad de la fuente y la amplificación de la cuenca; y comparación de los daños modelados y derivados de imágenes con medidas de intensidad locales y observaciones en campo, incluida la normalización por el parque de edificaciones expuestas y la evaluación de la cobertura de detección.

5.7 Referencias

Abrahamson, N. A., Silva, W. J., & Kamai, R. 2014. Summary of the ASK14 ground motion relation for active crustal regions [Resumen de la relación de movimiento del terreno ASK14 para regiones corticales activas]. Earthquake Spectra, 30(3), 1025–1055. https://doi.org/10.1193/070913EQS198M

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 [Mapa y base de datos de fallas cuaternarias en Venezuela y sus regiones marinas] (U.S. Geological Survey Open-File Report 2000–18). U.S. Geological Survey. https://doi.org/10.3133/ofr0018

Audemard, F. A., Singer, A., Soulas, J.-P., & the Neotectonics Section of the FUNVISIS Earth Sciences Department. 2006. Quaternary faults and stress regime of Venezuela [Fallas cuaternarias y régimen de esfuerzos de Venezuela]. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 61(4), 480–491. https://revista.geologica.org.ar/raga/article/view/1217

Boore, D. M., Stewart, J. P., Seyhan, E., & Atkinson, G. M. 2014. NGA-West2 equations for predicting PGA, PGV, and 5% damped PSA for shallow crustal earthquakes [Ecuaciones NGA-West2 para la predicción de PGA, PGV y PSA con 5 % de amortiguamiento para terremotos corticales superficiales]. Earthquake Spectra, 30(3), 1057–1085. https://doi.org/10.1193/070113EQS184M

Buckreis, T. E., & Stewart, J. P. (Eds.). (2025). *Data resources for the NGA-West3 project* (GIRS-2025-07) [Recursos de datos para el proyecto NGA-West3] B. John Garrick Institute for the Risk Sciences, University of California, Los Angeles. https://doi.org/10.34948/N3D30R

Campbell, K. W., & Bozorgnia, Y. 2014. NGA-West2 ground motion model for the average horizontal components of PGA, PGV, and 5% damped linear acceleration response spectra [Modelo de movimiento del terreno NGA-West2 para las componentes horizontales promedio de PGA, PGV y espectros de respuesta de aceleración lineal con 5 % de amortiguamiento]. Earthquake Spectra, 30(3), 1087–1115. https://doi.org/10.1193/062913EQS175M

Chen, C., Espinoza Otalora, L., Griffith, M., Hiscock, A., Hyde, S., Ingabire Abayo, N., Johnson, J., Joshi, D., Khanal, S., Ortiz-Millan, M., Merino, Y., Moss, R., Namazie, L., Petersen, M., Rea-Avila, J., Rose, H.-R., Seage, M., Sezen, H., VanBuskirk, O., & Yost, K. (29 de junio de 2026). Learning from earthquakes Virtual Earthquake Reconnaissance Team (VERT): Phase 1 response to **M**7.2 & **M**7.5 Venezuela earthquakes, June 24, 2026 [Aprendiendo de los terremotos - Equipo Virtual de Reconocimiento de Terremotos (VERT): Respuesta de Fase 1 a los terremotos de M7.2 y M7.5 en Venezuela, 24 de junio de 2026] (Versión 1.0). Earthquake Engineering Research Institute. https://learningfromearthquakes.org/wp-content/uploads/2026.06.24-Venezuela-EQ-Phase-1-VERT-Report.pdf

Chiou, B. S.-J., & Youngs, R. R. 2014. Update of the Chiou and Youngs NGA model for the average horizontal component of peak ground motion and response spectra [Actualización del modelo NGA de Chiou y Youngs para la componente horizontal promedio del movimiento pico del terreno y espectros de respuesta]. Earthquake Spectra, 30(3), 1117–1153. https://doi.org/10.1193/072813EQS219M

EarthScope Consortium. (n.d.). *NSF SAGE: Data Services products—BackProjection*. Recuperado el 15 de agosto de 2026 de https://ds.iris.edu/ds/products/backprojection/

EarthScope Consortium. 25 de junio de 2026. Back projections for Mw 7.5 near coast of Venezuela [Producto de retroproyección generado automáticamente]. IRIS DMC Searchable Product Depository. https://ds.iris.edu/spud/backprojection/23670371

Agencia Espacial Europea (ESA). 29 de junio de 2026. Sentinel-1 shows ground displacement after Venezuela earthquakes [Sentinel-1 muestra el desplazamiento del terreno tras los terremotos de Venezuela] [Imagen satelital]. https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2026/06/Sentinel-1_shows_ground_displacement_after_Venezuela_earthquakes

GFZ Helmholtz Centre for Geosciences. 2026a. GEOFON event gfz2026mhpf: Near coast of Venezuela [Evento GEOFON gfz2026mhpf: Cerca de la costa de Venezuela] [Registro de evento sísmico]. Recuperado el 29 de julio de 2026 en https://geofon.gfz.de/eqinfo/event.php?id=gfz2026mhpf

GFZ Helmholtz Centre for Geosciences. 2026b. GEOFON event gfz2026mhpg: Near coast of Venezuela [Evento GEOFON gfz2026mhpg: Cerca de la costa de Venezuela] [Registro de evento sísmico]. Recuperado el 29 de julio de 2026 en https://geofon.gfz.de/eqinfo/event.php?id=gfz2026mhpg

GFZ Helmholtz Centre for Geosciences. 2026c, 26 de junio. Severe earthquake in Venezuela: GFZ information and status report [Terremoto de gran intensidad en Venezuela: Informe de información y estado del GFZ]. https://www.gfz.de/en/section/seismology/overview/section-news/severe-earthquake-in-venezuela-gfz-information-status-report

Global CMT Project. (2026). *Global Centroid Moment Tensor catalog: **M**7.5 Venezuela earthquake, June 24, 2026* [Catálogo Global de Tensores de Momento Centroide: Terremoto de M7.5 en Venezuela, 24 de junio de 2026] [Solución del tensor de momento]. Lamont-Doherty Earth Observatory, Columbia University. Recuperado el 15 de agosto de 2026 de https://www.globalcmt.org/CMTsearch.html

Hubbard, J. A., & Bradley, K. 1 de julio de 2026. Aftershocks and satellite imaging of the Venezuela earthquake [Réplicas e imágenes satelitales del terremoto de Venezuela]. Earthquake Insights. https://earthquakeinsights.substack.com/p/aftershocks-and-satellite-imaging

INGVterremoti. 26 de junio de 2026. Sorgente estesa della sequenza sismica in Venezuela, 24 giugno 2026 [Fuente extendida de la secuencia sísmica en Venezuela, 24 de junio de 2026]. https://ingvterremoti.com/2026/06/26/sorgente-estesa-della-sequenza-sismica-in-venezuela-24-giugno-2026/

Scher, C., & Van Den Hoek, J. 2026. Sentinel-1 likelihood of damaged structures (experimental) for the Venezuela earthquake June 2026 [Capa de datos experimentales de mapas web; distribuida por el Portal de Mapeo de Desastres de la NASA; huellas de edificios por Overture Maps Foundation]. Recuperado el 29 de julio de 2026 de https://gis.earthdata.nasa.gov/portal/home/item.html?id=0c3d77dd5aae46e4829d9a282477615c

Semblat, J.-F., Duval, A.-M., & Dangla, P. 2002. Seismic site effects in a deep alluvial basin: Numerical analysis by the boundary element method [Efectos de sitio sísmicos en una cuenca aluvial profunda: Análisis numérico mediante el método de elementos de contorno].

Computers and Geotechnics, 29(7), 573–585. https://doi.org/10.1016/S0266-352X(02)00017-4

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 [Modificación de las relaciones empíricas de atenuación de movimientos fuertes del terreno para incluir los efectos de amplitud y duración de la directividad de la ruptura]. Seismological Research Letters, 68(1), 199–222. https://doi.org/10.1785/gssrl.68.1.199

U.S. Geological Survey. 2026a, 27 de julio. Finite-fault model, version 3, for the M 7.5 Venezuela earthquake (us6000t7zp) [Modelo de falla finita, versión 3, para el terremoto M 7.5 de Venezuela (us6000t7zp)] [Modelo de falla finita]. Recuperado el 29 de julio de 2026 de https://earthquake.usgs.gov/product/finite-fault/us6000t7zp_1/us/1785187765755/analysis.html

U.S. Geological Survey. 2026b. M 7.2 Venezuela earthquake (us6000t7zc) [Terremoto M 7.2 en Venezuela (us6000t7zc)] [Página del evento sísmico]. Recuperado el 29 de julio de 2026 de https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us6000t7zc/executive

U.S. Geological Survey. 2026c. M 7.5 Venezuela earthquake (us6000t7zp) [Terremoto M 7.5 en Venezuela (us6000t7zp)] [Página del evento sísmico]. Recuperado el 29 de julio de 2026 de https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us6000t7zp/executive

Valkaniotis, S. 2026a, 30 de junio. Horizontal displacement measured by Copernicus Sentinel-2 satellite imagery, show an onshore segment of the San Sebastian–Centro fault rupture, June [El desplazamiento horizontal medido por las imágenes satelitales Copernicus Sentinel-2 muestra un segmento terrestre de la ruptura de la falla San Sebastián–Centro, junio] [Imagen adjunta] [Publicación]. LinkedIn. https://www.linkedin.com/posts/sotiris-valkaniotis-37a822a_rupture-venezuela-earthquake-activity-7477783538386288640-znH2

Valkaniotis, S. 2026b, 2 de julio. Horizontal displacement (4 × 4 m grid) from optical image correlation in Caraballeda alluvial fan; looks more like major lateral spreading or gravitational sliding [El desplazamiento horizontal (malla de 4 × 4 m) a partir de la correlación de imágenes ópticas en el abanico aluvial de Caraballeda parece ser más bien un esparcimiento lateral mayor o un deslizamiento gravitacional] [Imagen adjunta] [Publicación]. LinkedIn. https://www.linkedin.com/posts/sotiris-valkaniotis-37a822a_caraballeda-venezuela-earthquake-activity-7478404613336055808-6d6Z

6. CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO DEL SUELO Y EFECTOS LOCALES DEL SITIO

Tabla 6-1. Autores principales de esta sección

Nombre	Afiliación
David Barba	Estudiante de posgrado en NC State University, EE. UU.
Felipe Kuncar	Investigador postdoctoral en la Universidad de Canterbury, Nueva Zelanda.
Ashly Cabas	Profesora asociada en NC State, EE. UU.
Ke Xu	Investigador postdoctoral en NC State, EE. UU.

En Venezuela se han hecho importantes esfuerzos para caracterizar las condiciones dinámicas del sitio en varias ciudades, incluyendo algunas de las más afectadas por los terremotos de 2026. Existen mapas disponibles sobre la velocidad promedio de las ondas de corte en los 30 m superiores del subsuelo (V_{s30}), el período fundamental del sitio y la profundidad del sedimento para Caracas, La Guaira, Valencia y Maracay. Esta información es fundamental para comprender la influencia de las condiciones del sitio en los movimientos sísmicos generados por los eventos de 2026 y debe tenerse en cuenta antes de planificar investigaciones adicionales en el sitio destinadas a caracterizar mejor estos terremotos. Existe una brecha importante de información en Catia La Mar y sus alrededores, donde (hasta donde conocen los autores) actualmente no se dispone de datos, lo que representa un objetivo prioritario para futuros levantamientos geofísicos.

Los suelos son competentes en las zonas afectadas. Los suelos cercanos a la superficie son relativamente rígidos, según la información disponible.V_{s30} En este sentido, la morfología y la profundidad de la cuenca pueden desempeñar un rol más significativo en los patrones de amplificación del movimiento del suelo. Por ejemplo, los efectos de la cuenca pueden ser relevantes en lugares como La Guaira y Valencia, donde existen fuertes variaciones en la interfaz sedimento-roca. Estos efectos se han observado en Nueva Zelanda y otras regiones, donde algunas cuencas presentan máximos pronunciados en la amplificación del sitio cerca de sus bordes (p. ej., de la Torre et al. 2026).

6.1 Condiciones sísmicas del sitio en las áreas afectadas

Para interpretar la variabilidad espacial y las características de los movimientos del terreno en términos de amplitud, contenido de frecuencia y duración, es fundamental comprender a fondo las condiciones geológicas locales. En las últimas décadas, se han hecho numerosos levantamientos geotécnicos y geofísicos en toda Venezuela, lo que ha dado como resultado mapas de las propiedades de los sitios y estudios de microzonificación sísmica. La mayoría de estos esfuerzos han sido liderados por FUNVISIS (y en particular, por el Dr. Michael Schmitz) en coordinación con universidades locales, y los resultados se han difundido principalmente a través de tesis, memorias de congresos nacionales, artículos de revistas y el sitio web de FUNVISIS.

Esta sección resume la información relevante disponible para las zonas más afectadas por los terremotos de 2026. En las siguientes subsecciones, se presentan compilaciones sobre la velocidad de onda de corte promedio en el tiempo disponible en los 30 m superiores (V_{s30}), espesor de los sedimentos (profundidad hasta el lecho rocoso) y datos del período del sitio para Caracas, La Guaira, Valencia y Maracay (Figura 6-1).

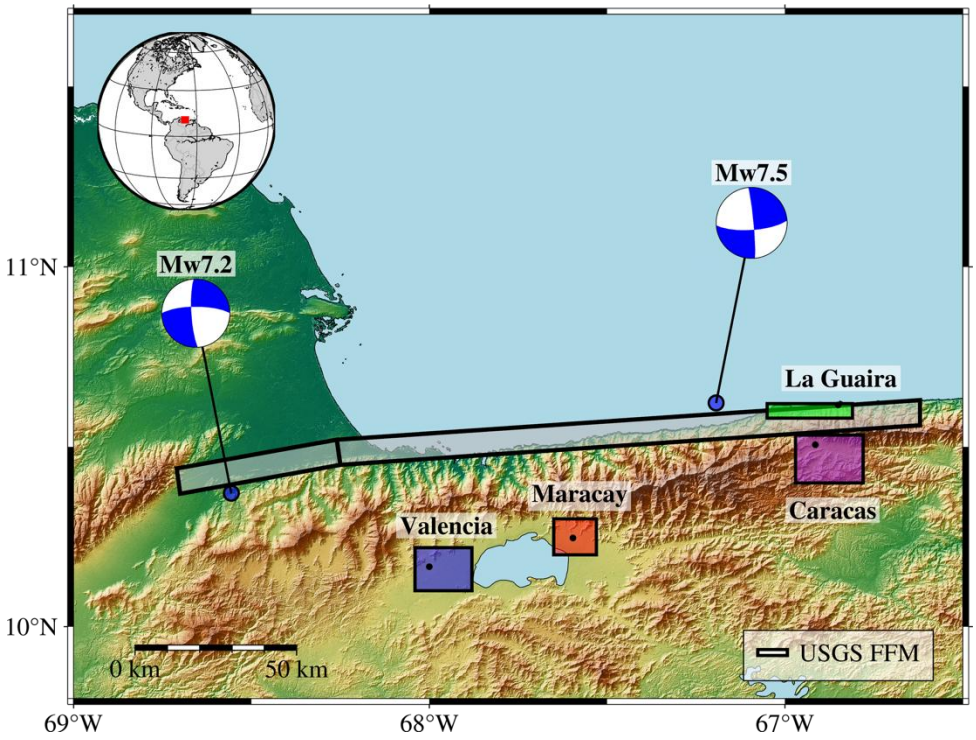


Figura 6-1. Localización de las zonas afectadas luego de los terremotos de junio de 2026, con los estudios de microzonificación disponibles. También se muestra el modelo de ruptura de falla finita (FFM) del USGS.

6.1.1 Caracas

Schmitz et al. (2020) presentan los resultados del Proyecto de Microzonificación Sísmica de Caracas, que implicó la compilación y adquisición de extensos conjuntos de datos para la caracterización de la cuenca sedimentaria en términos del período predominante del sitio, la profundidad hasta el lecho rocoso y V_{s30}. La Figura 6-2 muestra el mapa de los períodos de sitio predominantes, derivado de aproximadamente 2000 mediciones de la razón espectral H/V (HVSR). En la mayor parte del área metropolitana, los períodos predominantes se sitúan en un intervalo de 0.1 a 0.5 s. Sin embargo, en el sector noreste de la ciudad (Los Palos Grandes), los periodos alcanzan valores de hasta ~2.0 s. También se observan periodos elevados de aproximadamente 1.0 s en San Bernardino.

La Figura 6-3 presenta el mapa correspondiente de profundidad hasta el lecho rocoso, construido a partir de una combinación de estudios de refracción sísmica, estimaciones derivadas de HVSR, un modelo gravimétrico, registros de pozos de agua y cuatro pozos de sondeo profundos. De conformidad con la distribución del período del sitio, los mayores espesores de sedimentos se

encuentran en Los Palos Grandes (aproximadamente 320 m) y San Bernardino (aproximadamente 240 m).

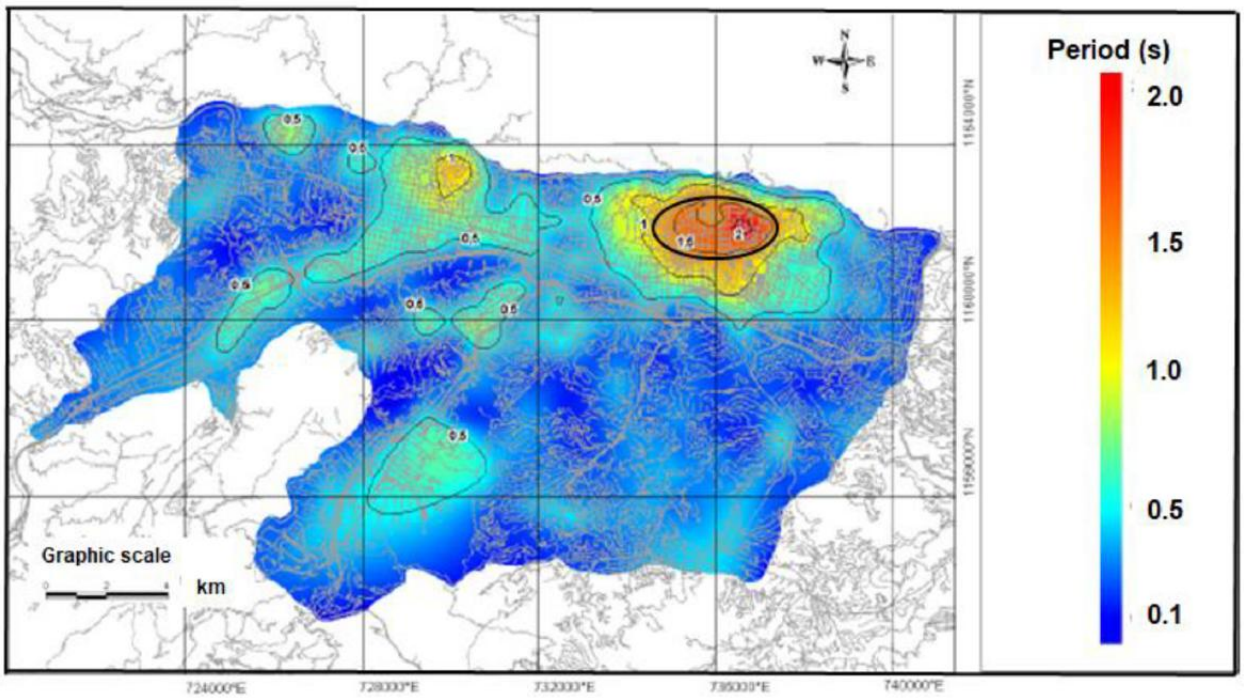


Figura 6-2. Mapa de los períodos del sitio generado para Caracas con base en aproximadamente 2000 mediciones de HVSR. Modificado de Schmitz et al. (2020).

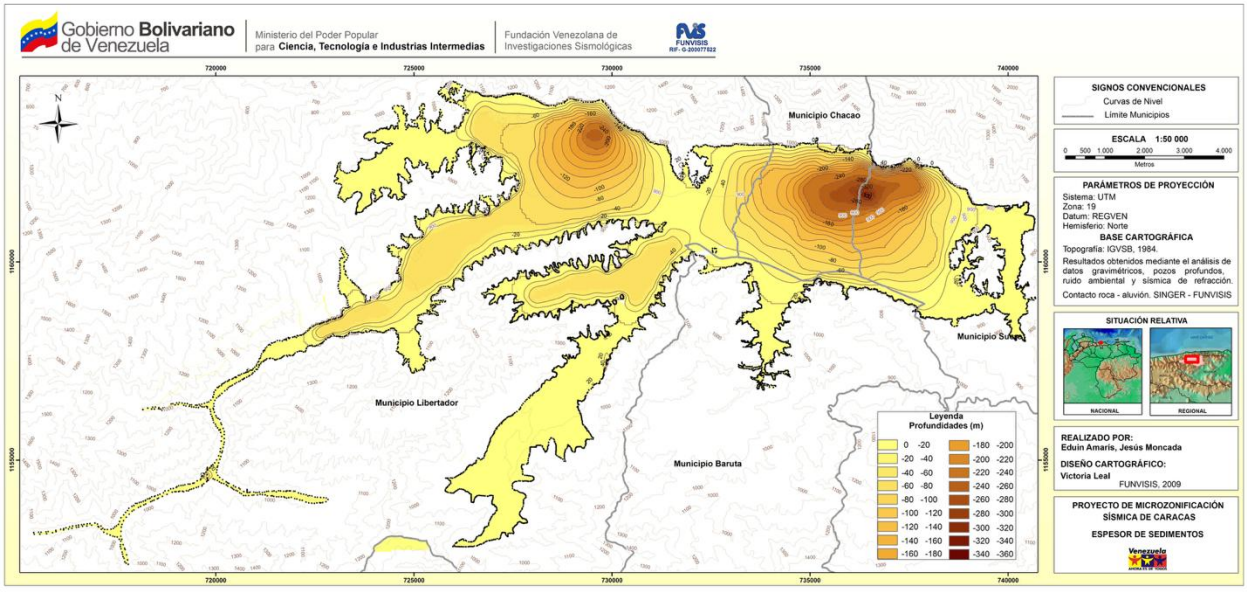


Figura 6-3. Mapa de profundidad de sedimentos generado para Caracas (FUNVISIS, s.f.)

Además, se elaboró un mapa de V_{S30} (Figura 6-4), principalmente a través de correlaciones empíricas con los números de golpes de la prueba de penetración estándar (SPT) obtenidos en

aproximadamente 1000 sitios. A pesar del gran número de mediciones de SPT, el mapa resultante muestra una resolución espacial limitada en la variación de V_{S30}, atribuible en parte a la limitación de utilizar una correlación empírica con SPT. Las correlaciones empíricas entre SPT y V_{s30} generan gran incertidumbre, por lo que se recomienda que las investigaciones futuras prioricen la obtención de mediciones directas de velocidad de onda de corte en toda Caracas. Estos datos son esenciales tanto para la evaluación de modelos empíricos de movimiento del suelo (que se utilizan habitualmente V_{s30} como indicador del efecto de sitio) como para mejorar la caracterización de los efectos de sitio mediante análisis de respuesta específicos del sitio. La Figura 6-5 muestra la microzonificación sísmica resultante.

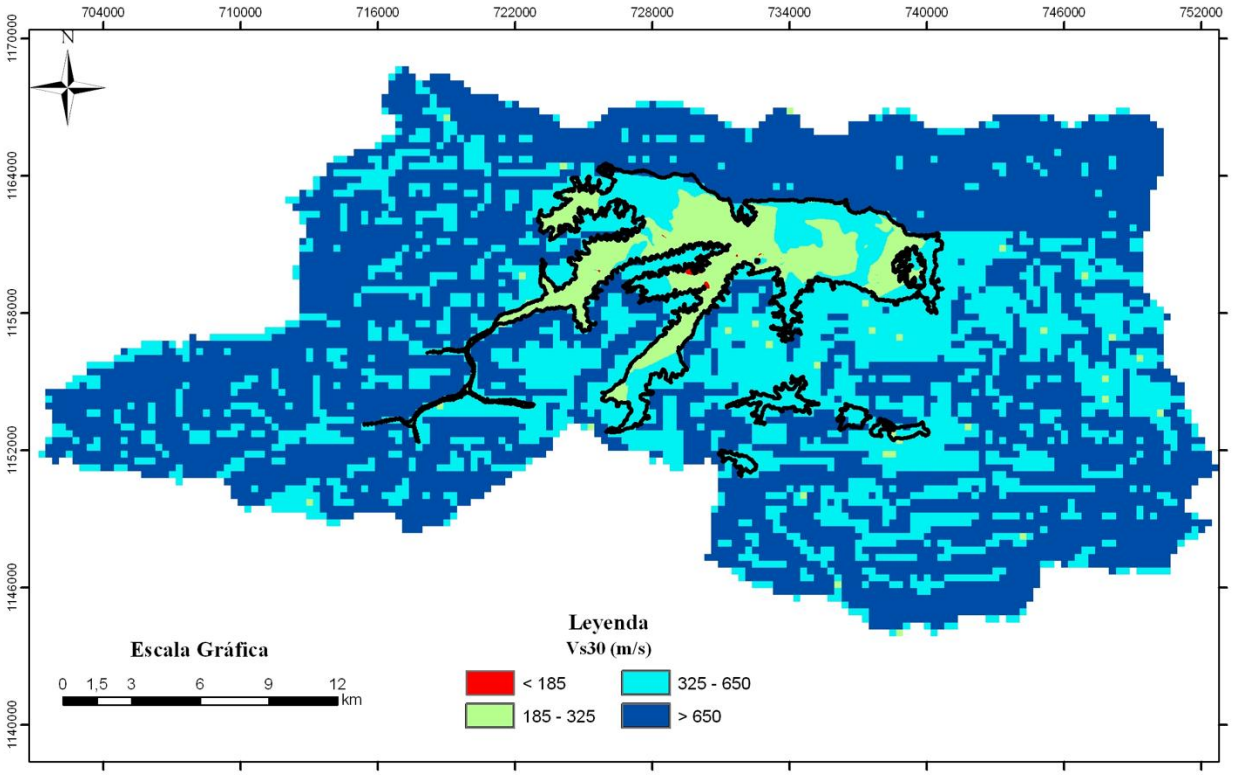


Figura 6-4. V_{s30} Mapa generado para Caracas (FUNVISIS, s.f.)

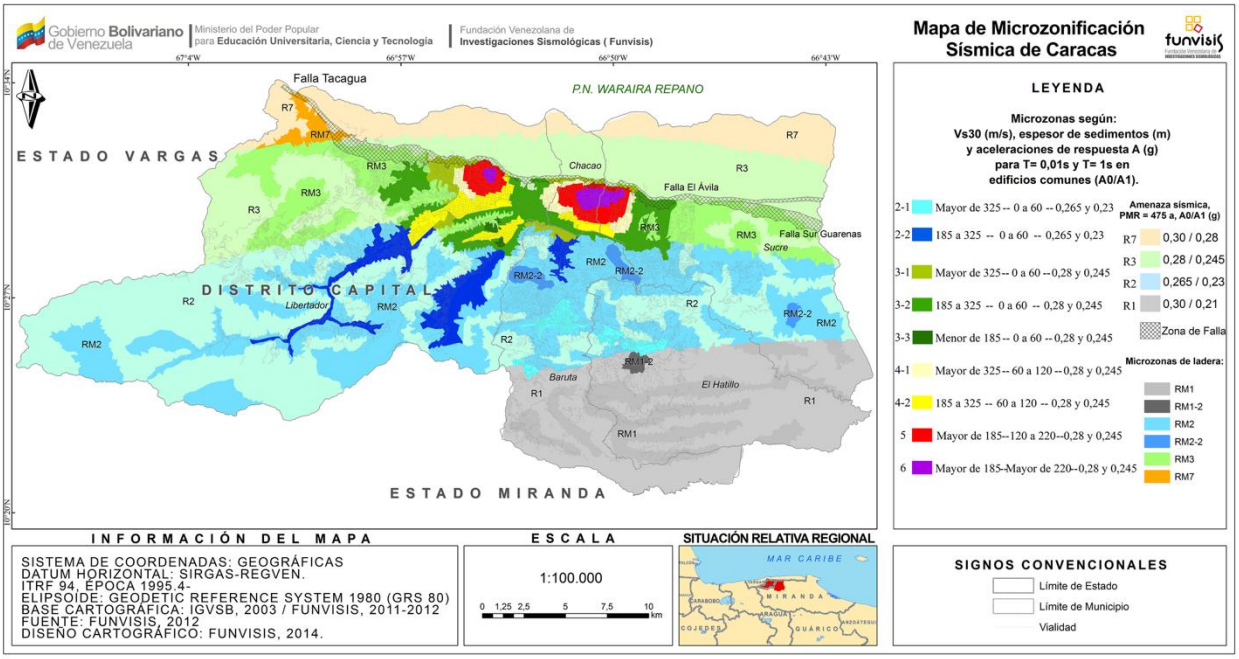


Figura 6-5. Mapa de microzonificación sísmica de Caracas (FUNVISIS, s.f.)

6.1.2 La Guaira

Romero et al. (2006) resumen las investigaciones previas hechas en los abanicos aluviales costeros del estado de La Guaira (antes estado Vargas) después del terremoto de Caracas de 1967 y presentan nuevos datos recogidos después del desastre de Vargas de 1999 (que incluyó deslizamientos de tierra y flujos de detritos provocados por lluvias intensas y prolongadas). Luego del terremoto de Caracas de 1967, se hicieron varias líneas de refracción sísmica (algunas de hasta 1.5 km de longitud) y pozos de sondeo en el abanico de Caraballeda. Estas primeras investigaciones indicaron una profundidad máxima del basamento de aproximadamente 450 m en la parte más profunda del abanico. Los sedimentos consisten predominantemente en materiales de grano grueso que van desde arenas y gravas hasta grandes cantos rodados, procedentes de la meteorización y la erosión del flanco norte de la sierra del Ávila.

Los datos adicionales informados por Romero et al. (2006) se centraron en los abanicos aluviales de La Guaira, Macuto, Caraballeda y Tanaguarena. Se desplegaron diez líneas de refracción y 130 HVSR en Macuto, Caraballeda y Tanaguarena. Además, se hicieron mediciones gravimétricas. Se identificaron tres unidades o grupos sedimentarios cercanos a la superficie: 1) V_s = 215-400 m/s, con profundidades que varían de 2 a 50 m; 2) V_s= 425-570 m/s, con profundidades que varían de 30 a 86 m; 3) V_s= 600-750 m/s.

La Figura 6-6 muestra el V_{s30} mapa que elaborado por Romero et al. (2006). Esto indica que hacia la costa se pueden encontrar suelos relativamente rígidos con una rigidez de 250-400 m/s, mientras que más cerca del frente montañoso se consiguen valores de 400-500 m/s y localmente >500 m/s. La Figura 6-7 muestra la distribución resultante de los periodos de sitio basados en HVSR, que normalmente oscilan entre 0.9 y 1.8 s, con valores de hasta 2.7 s registrados en las partes más gruesas del abanico de Caraballeda. La Figura 6-8 muestra el mapa de profundidad del basamento

resultante e indica que los espesores máximos de sedimentos alcanzan aproximadamente 450 m en la costa cercana de Caraballeda, 290 m en Macuto y 180 m en La Guaira. Cabe señalar que los perfiles de refracción de Romero et al. (2006) resolvieron la estructura de velocidad solo hasta profundidades de unos 70 m y, en consecuencia, V_s no está medido hasta el basamento rocoso.

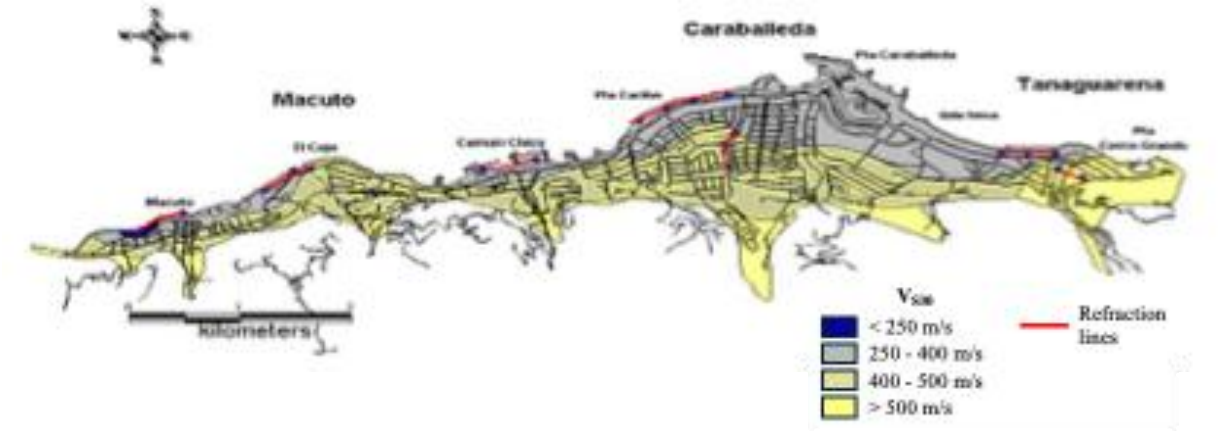


Figura 6-6. Mapa de V_{s30} de los abanicos aluviales de Macuto, Caraballeda y Tanaguarena (adaptado de Romero et al., 2006).

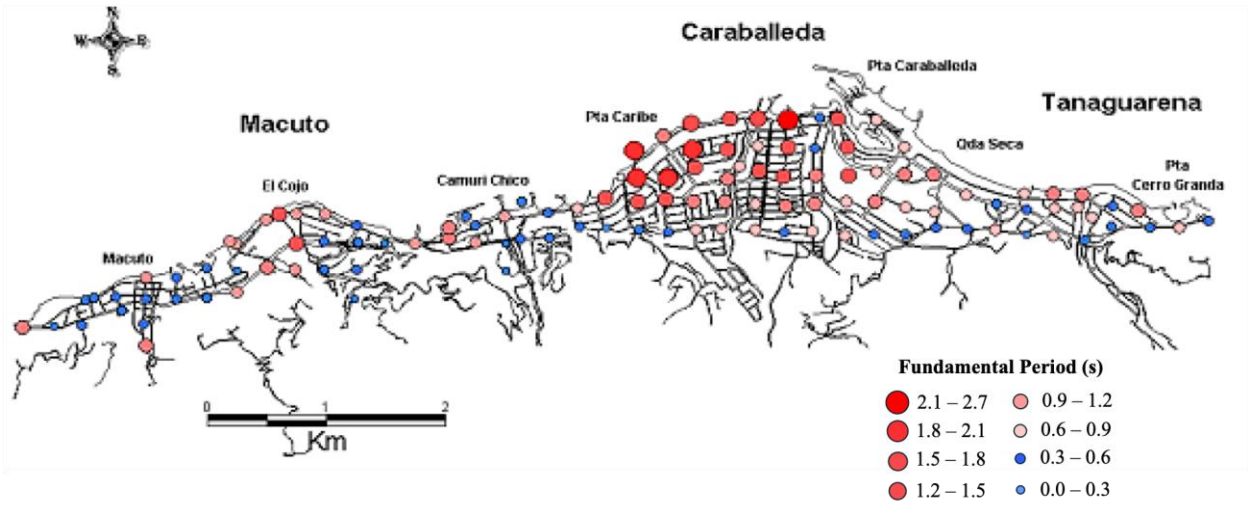


Figura 6-7. Mapa de los periodos del sitio para los abanicos aluviales de Macuto, Caraballeda y Tanaguarena (adaptado de Romero et al., 2006).

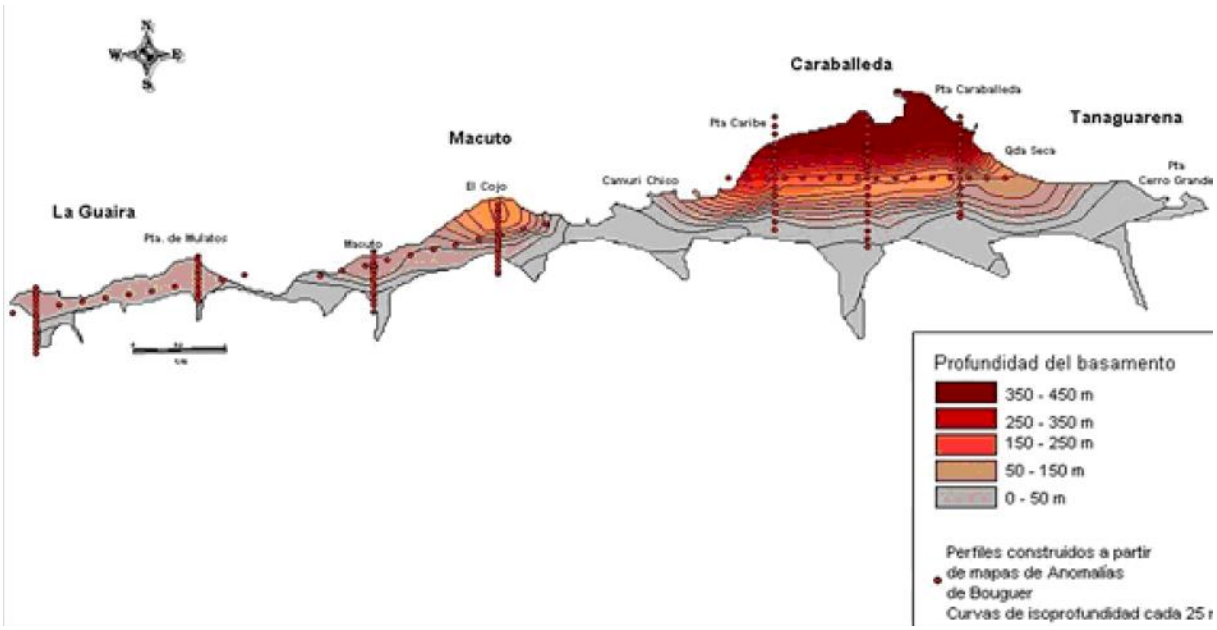


Figura 6-8. Modelo de profundidad del basamento entre La Guaira y Tanaguarena (Romero et al., 2006). La escala de colores indica los intervalos 350-450 m, 250-350 m, 150-250 m, 50-150 m y 0-50 m (de arriba a abajo en la leyenda).

Más recientemente, García et al. (2023) ampliaron el trabajo de Romero et al. (2006) mediante la incorporación de información sobre unidades geológicas superficiales en La Guaira. Estos resultados se integraron para generar un mapa de microzonificación preliminar de Caraballeda (Figura 6-9).

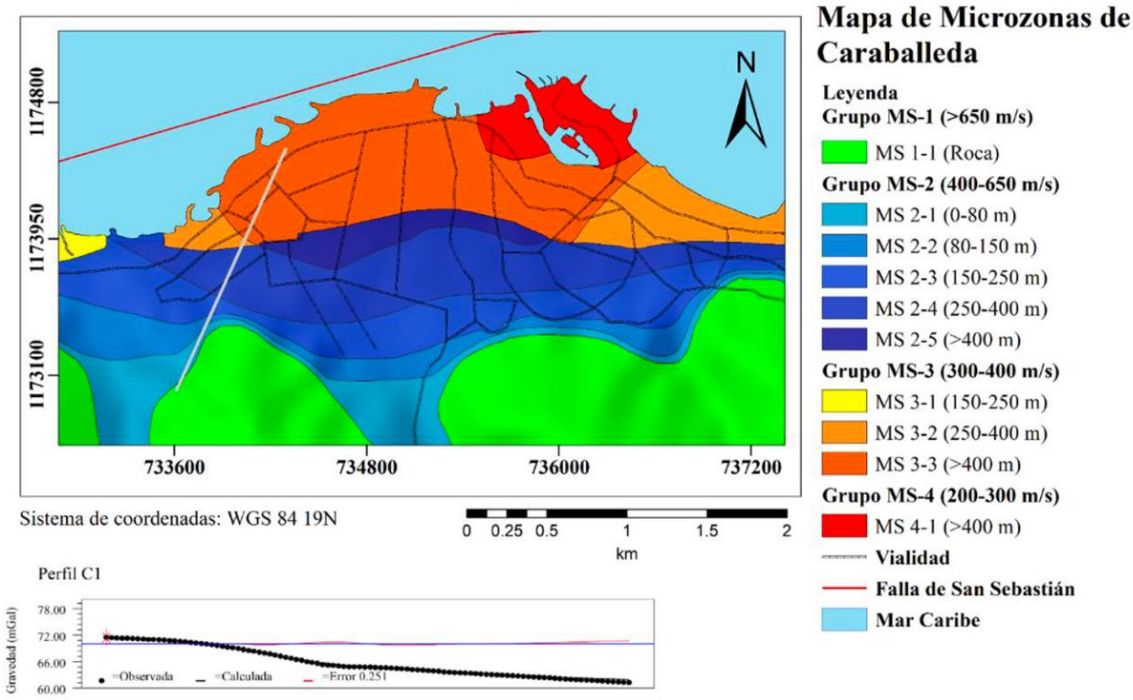
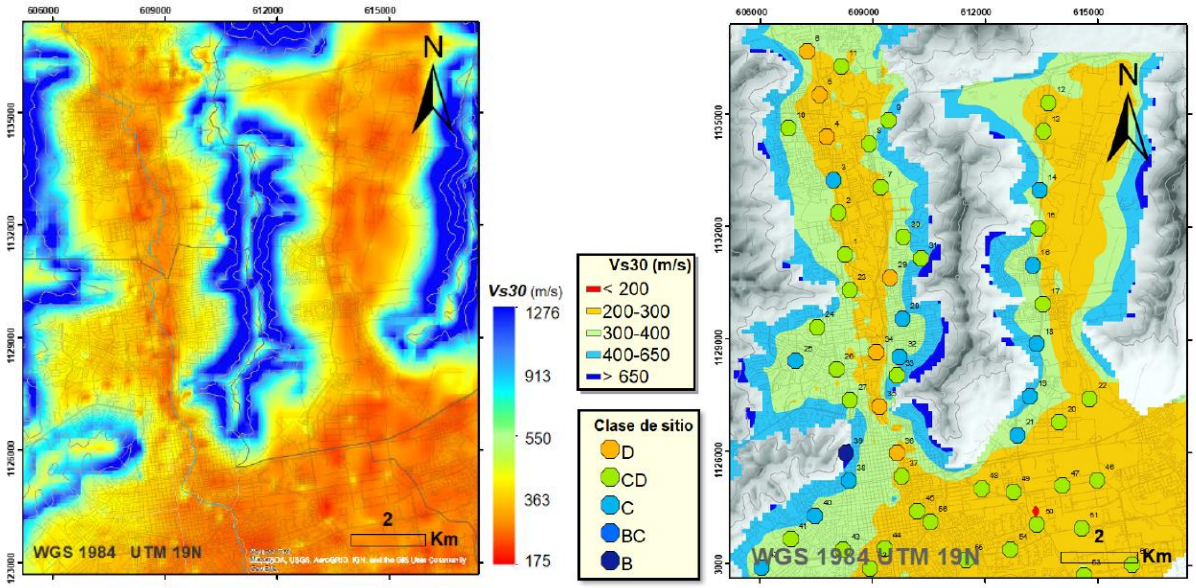


Figura 6-9. Mapa preliminar de microzonificación sísmica de Caraballeda (García et al., 2023)

6.1.3 Valencia

Mijares et al. (2021) describen las investigaciones geofísicas hechas en el Área Metropolitana de Valencia con el objetivo principal de caracterizar V_{s30}. Estas investigaciones correspondían a 64 arreglos de ruido sísmico y se procesaron principalmente utilizando el método IMASW (una combinación de interferometría sísmica y análisis multicanal de ondas superficiales, MASW) y, en algunos casos, el método ReMi. Estos resultados se integraron con información topográfica y valores V_{s30} inferidos basados en SPT para generar un mapa de V_{s30}. Este mapa se ilustra en la Figura 6-10, tanto en su forma continua (Figura 6-10a) como en una versión discretizada que se basa en los intervalos utilizados para la clasificación sísmica del sitio según la norma venezolana COVENIN 1756 (Figura 6-10b; se incluye más información sobre los códigos de construcción venezolanos en el Capítulo 11). Esta figura muestra que los valores de V_{s30} disminuyen, como era de esperar, desde las colinas hacia la parte central de los valles.



(a) (b)

Figura 6-10. V_{s30}Mapas generados para la ciudad de Valencia (Mijares et al., 2021). (a) Mapa V_{s30} continuo y (b) mapa con clasificación de sitios sísmicos, según la norma venezolana COVENIN 1765.

Gil (2021) amplió el trabajo de Mijares et al. (2021) a una región más amplia mediante la integración de los datos recogidos por Mijares et al. (2021) con otros conjuntos de datos, incluidos datos de elevación digital, pozos de sondeo y SPT. La Figura 6-11 muestra el mapa de V_{s30} ampliado de Valencia.

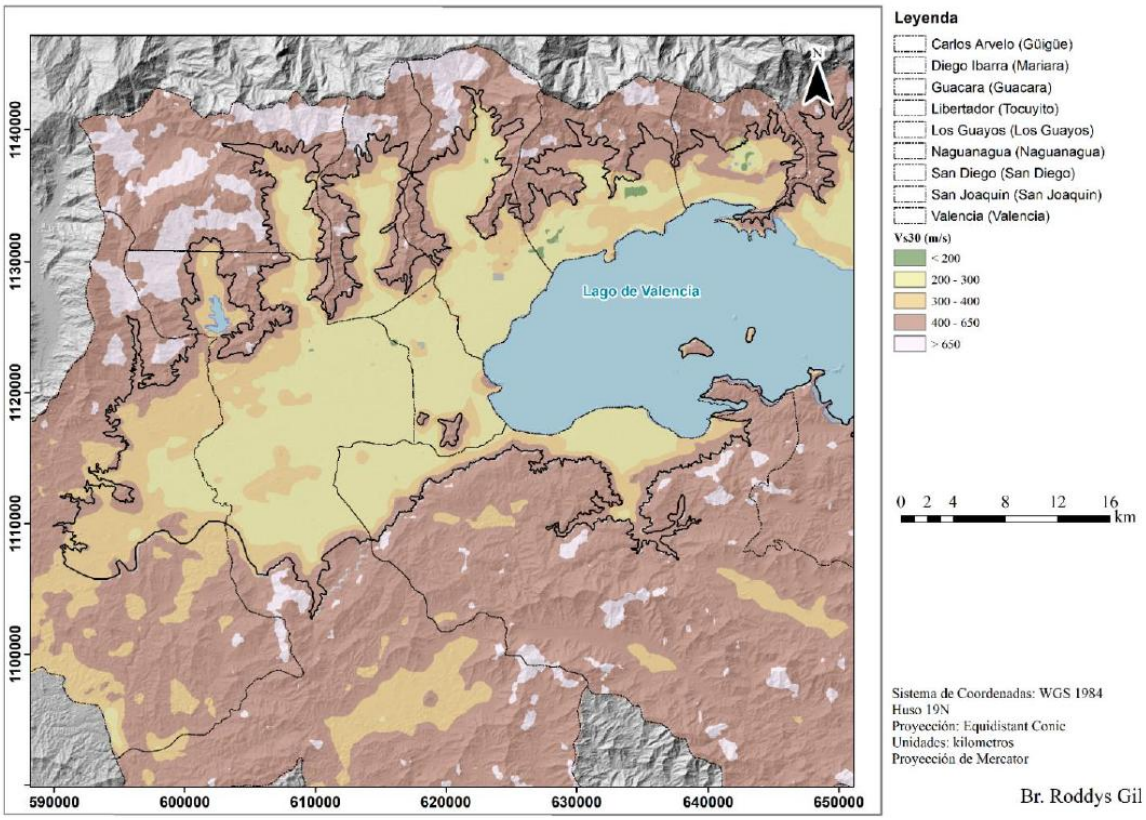


Figura 6-11. Mapa integrado de Valencia (Gil, 2021).V_{s30}

Gil (2021) también ofrece un mapa de profundidad de sedimentos (Figura 6-12), que utiliza varios conjuntos de datos, incluidos datos de gravimetría y HVSR, y un mapa de microzonificación que ayuda a visualizar los datos integrados (Figura 6-13).

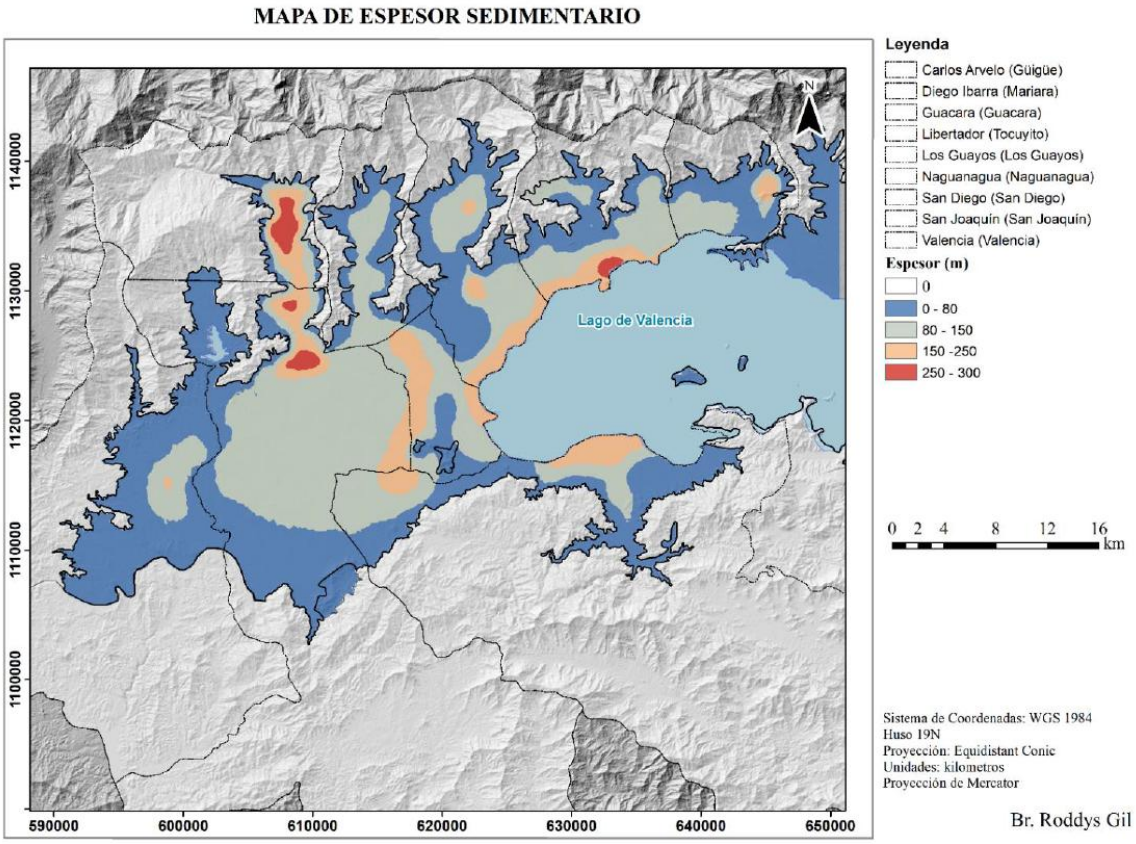


Figura 6-12. Mapa de profundidad de sedimentos para Valencia (Gil, 2021).

Además, la Figura 6-14 muestra el mapa del período del sitio proporcionado por Schmitz et al. (2015), que se basa en 530 mediciones de HVSR. El mapa muestra valores máximos de 2.8 s en el suroeste.

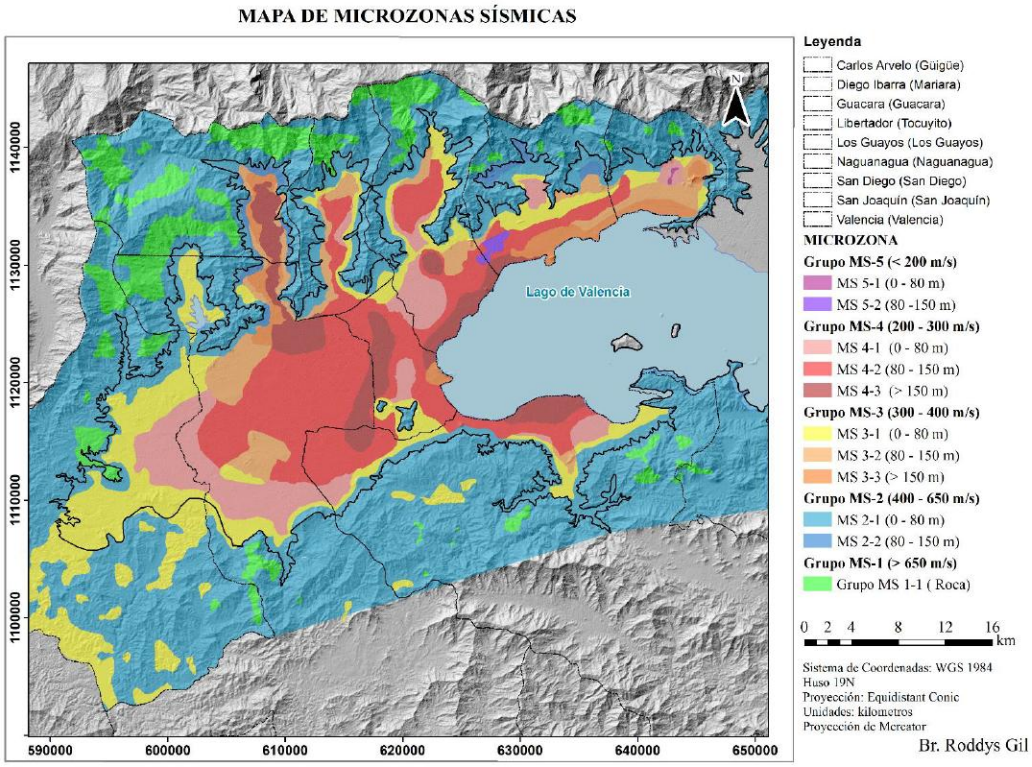


Figura 6-13. Mapa de profundidad de sedimentos para Valencia (Gil, 2021).

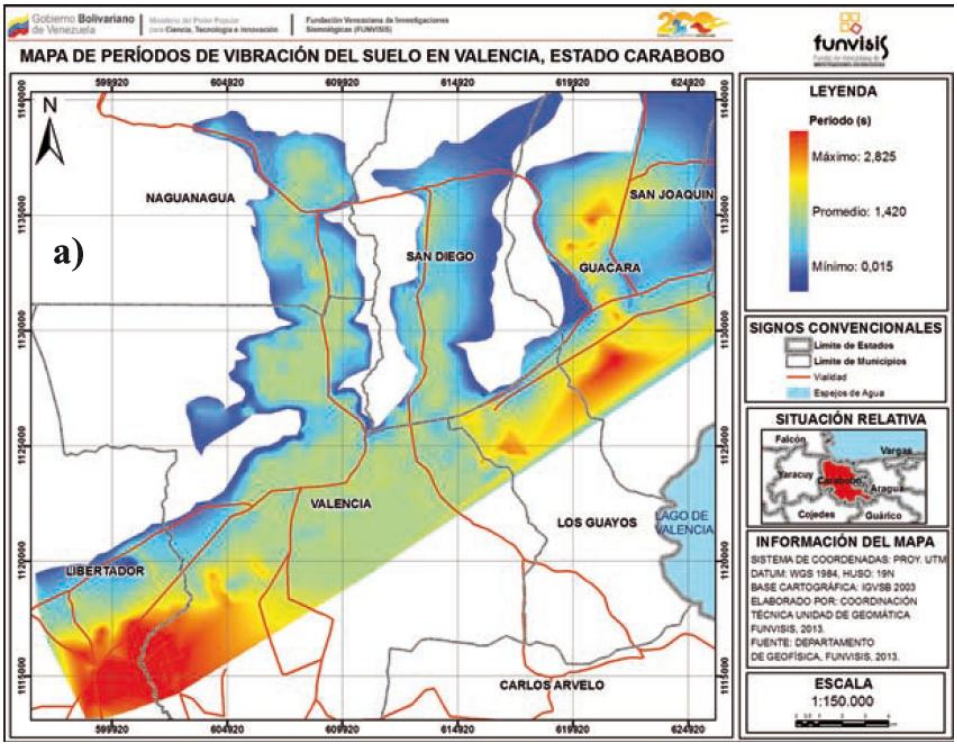


Figura 6-14. Mapa del periodo del sitio para Valencia (Schmidtz et al., 2015).

6.1.4 Maracay

La Figura 6-15 muestra el mapa de período del sitio para Maracay generado por Rojas (2008) basado en 315 mediciones de HVSR. Los valores más altos, de aproximadamente 2.8 s, se encuentran en la parte sur del área de estudio, y disminuyen hacia el norte.

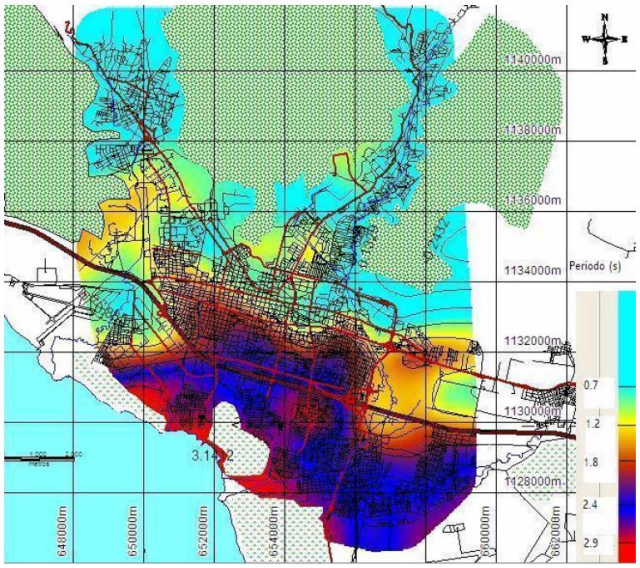
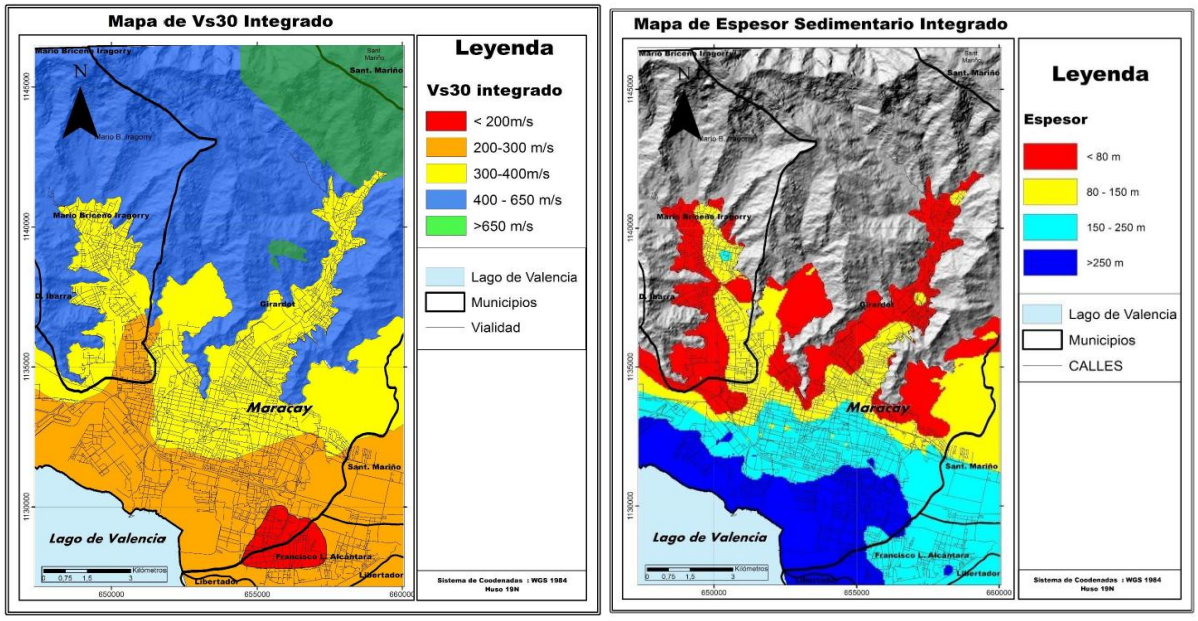


Figura 6-15. Mapa del período del sitio para Maracay (Rojas, 2008).

La Figura 6-16 muestra el mapa de V_{s30} para Maracay presentado en López (2021), que se basa en la integración de varios conjuntos de datos y metodologías, incluidos ReMi, IMASW, SPT y elevación digital. López (2021) también ofrece un mapa de profundidad de sedimentos, que integra varios conjuntos de datos, incluyendo 315 mediciones de HVSR y gravimetría.



(a) (b)

La Figura 6-16. a) Mapa V_{s30} integrado para Maracay, y b) Mapa integrado de profundidad de sedimentos para Maracay (López, 2021).

6.2 Caracter í sticas del movimiento del suelo

La caracterización de los movimientos del suelo generados por los terremotos de San Felipe y Catia La Mar de 2026 se ve limitada por la disponibilidad y la distribución espacial de los registros, particularmente cerca de las zonas de ruptura. Esta sección resume las redes sísmicas con registros potenciales o disponibles para estos eventos y describe cómo se identificaron y recopilaron los datos de moviemiento del terreno más distantes para su posterior procesamiento. Debido a que los datos instrumentales cercanos a la fuente siguen siendo limitados, también se usan observaciones indirectas, como la intensidad de los movimientos sísmicos informados y los productos de ShakeMap del USGS, para proporcionar un contexto más amplio sobre la distribución espacial y la gravedad de los movimientos sísmicos.

6.2.1 Redes sísmicas en la región

6.2.1.1 Red FUNVISIS

Venezuela cuenta con una red sísmica nacional (código FDSN: VE) operada por FUNVISIS. Esta red consta de 40 estaciones equipadas con sismómetros de banda ancha (Güralp CMG-40T-1) distribuidas en las zonas de mayor sismicidad del país (Figura 6-17). Además, FUNVISIS opera una red de registro de movimientos sísmicos fuertes (Red Acelerográfica Nacional, REDAC) que comprende 134 acelerómetros (Kinemetrics Etna) instalados en los principales centros urbanos del país (Figura 6-18) (FUNVISIS, 2023). Aunque no está claro el número de estaciones operativas en ambas redes, hay evidencia de que algunas de estas estaciones (p. ej., CARV, FUNV, BENV en la Figura 6-17) estaban en funcionamiento durante los terremotos de San Felipe y Catia La Mar en junio de 2026. Sin embargo, en el momento de la publicación de este informe, los registros de los movimientos del terreno no estaban disponibles para el público.

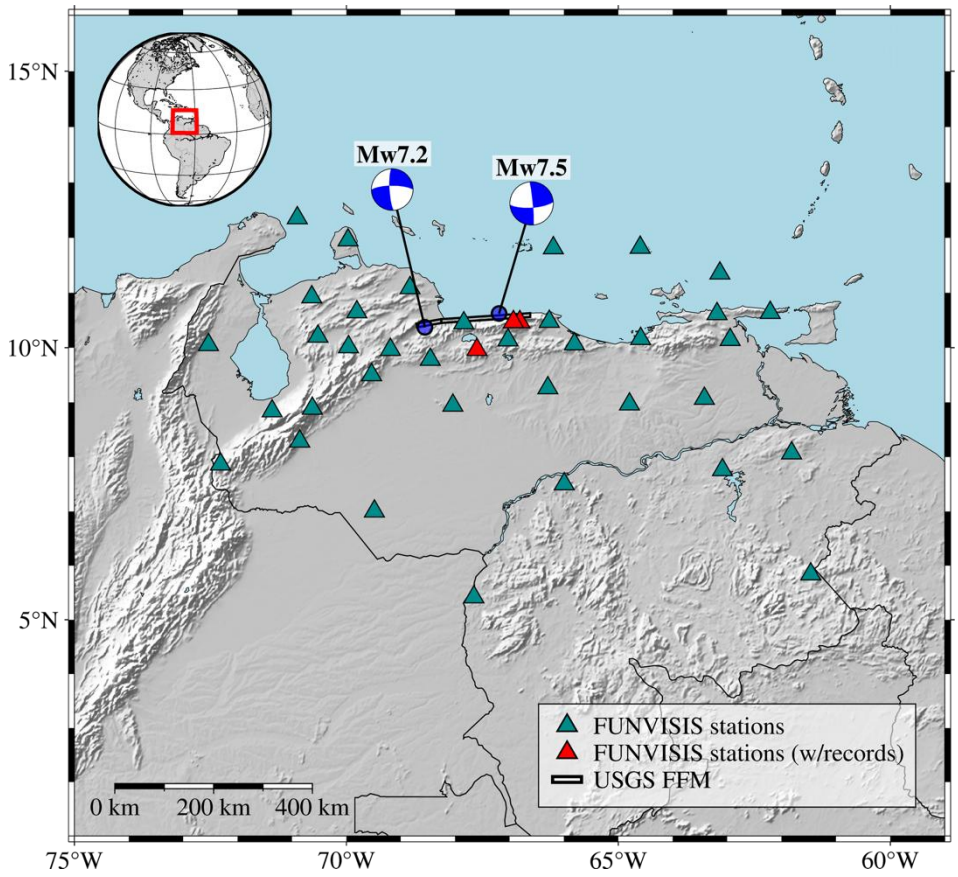


Figura 6-17. Distribución espacial de las estaciones sísmicas de FUNVISIS. FFM = Modelo de Fallas Finitas del USGS. Nota: Las estaciones de FUNVISIS con registros indican aquellas que cuentan con registros confirmados a la fecha de publicación de este informe.

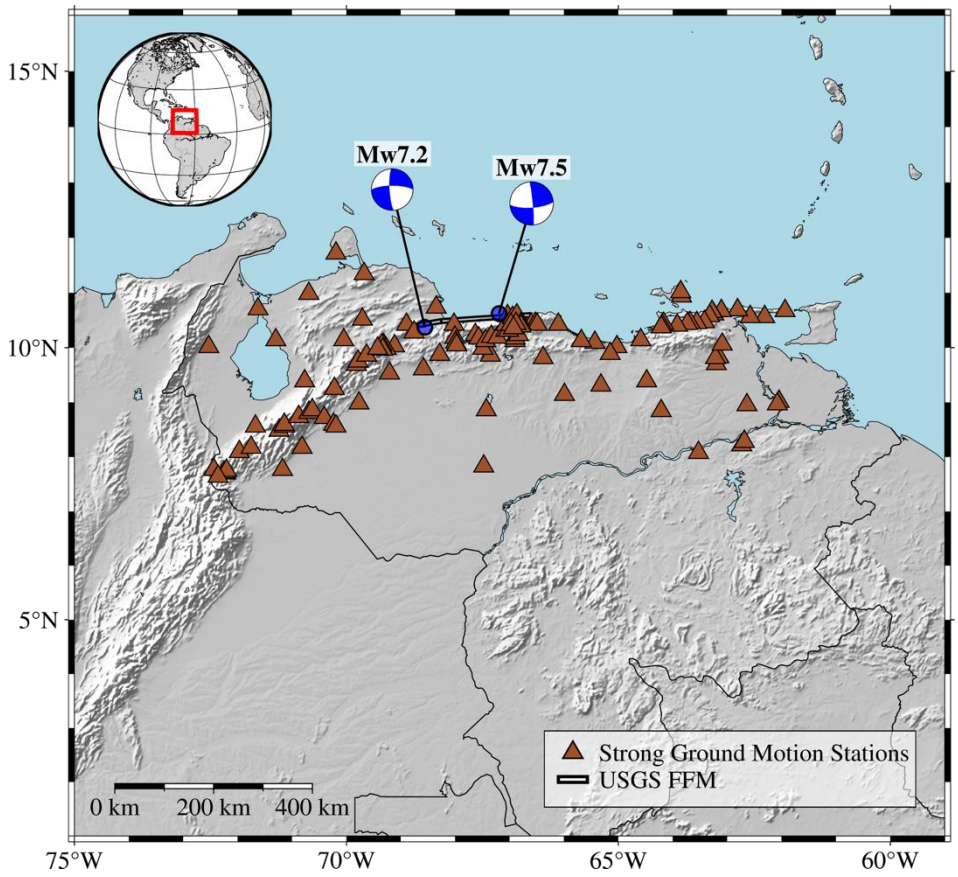


Figura 6-18. Distribución espacial de las estaciones de FUNVISIS para la medición de movimientos sísmicos fuertes (adaptado de FUNVISIS, 2023). FFM = Modelo de Fallas Finitas.

6.2.1.2 Otras redes sísmicas

Los datos de movimientos del terreno provenientes de otras redes sísmicas se recopilaron utilizando los servicios web de FDSN a través del paquete gmprocess del USGS (Thompson et al., 2025). Los criterios de búsqueda consideraron estaciones de campo libre con (1) una frecuencia de muestreo mínima de 20 Hz, (2) una distancia epicentral máxima de 800 km a cualquiera de los eventos, (3) dos componentes horizontales y uno vertical, y (4) acelerómetros y/o sismómetros de banda ancha (HN, BN, HH o BH según la nomenclatura de canales SEED). La consulta identificó 12 estaciones operativas de 6 redes (CM: Servicio Sismológico Colombiano, CU: Caribbean USGS Network, PR: Red Sísmica de Puerto Rico, IU: Global Seismograph Network, G: French Global Network of Seismological Broadband Stations, y WI: West Indies French Seismic Network) con registros disponibles (Figura 6-19). Solo una de las estaciones (SDV) se encuentra en Venezuela, siete están en Colombia y las restantes se ubican en varias islas del Caribe (Aruba, Granada y Martinica). La estación más cercana (ACPR) al epicentro de los sismos de magnitud 7.2 y 7.5 se encontraba a 280.4 y 370.4 km, respectivamente. Los detalles de las estaciones y sus instrumentos correspondientes, incluyendo la ubicación, la distancia epicentral (Repi) y los metadatos del sitio se muestran en la Tabla 6-2. Los valores de V_{S30} que aparecen en la tabla se infirieron a partir de un indicador topográfico basado en la pendiente, utilizando el mapa híbrido global de V_{S30} desarrollado por Heath et al. (2020).

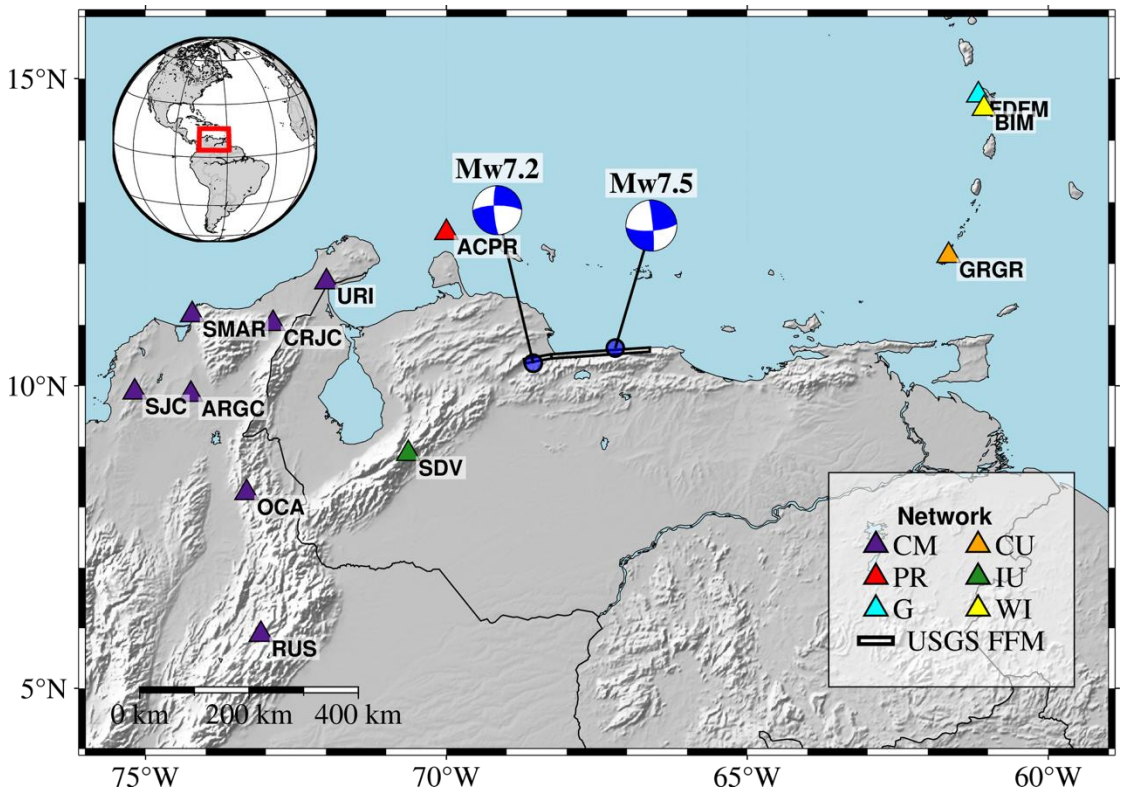


Figura 6-19. Distribución espacial de las estaciones sísmicas operativas durante los terremotos de San Felipe y Catia La Mar del 24 de junio de 2026 en un radio de 800 km. FFM = Modelo de Fallas Finitas del USGS.

Tabla 6-2. Metadatos de la estación sísmica

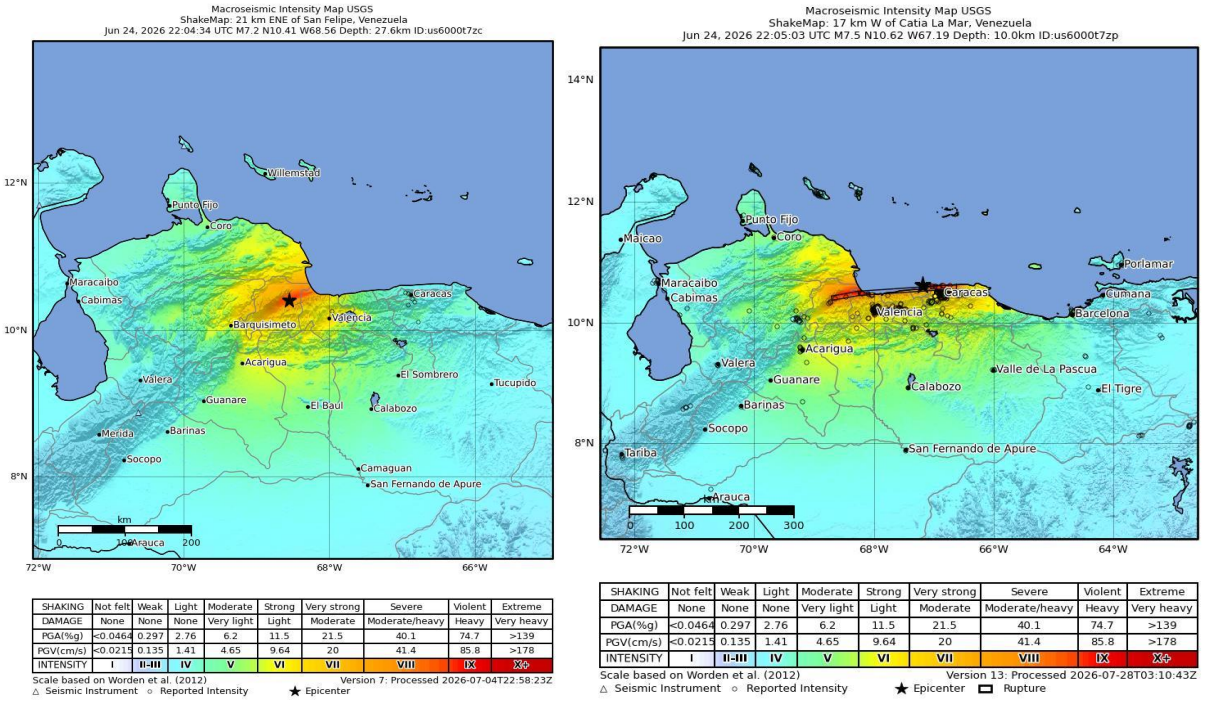
N	Neto	Código	Lat. (°)	Lon. (°)	Elev (m)	R_{epi} (km)		V_{s30} (m/s)	Tipo de instrumento
						M7.2	M7.5		
1	PR	ACPR	12.506	-70.001	18	280.4	370.4	298	N/S
2	IU	SDV	8.884	-70.634	1620	283.5	423.6	800	EpiSensor
3	CM	URI	11.702	-71.993	68	401.8	537.7	487	EpiSensor
4	CM	CRJC	11.020	-72.882	827	477.9	623.6	617	STS-2
5	CU	GRGR	12.132	-61.654	191	777.4	627.2	505	N/S
6	CM	OCA	8.239	-73.319	1264	575.5	722.5	466	EpiSensor
7	CM	SMAR	11.164	-74.225	122	625.4	771.0	379	STS-2
8	CM	ARGC	9.858	-74.246	187	626.4	777.2	300	STS-2.5

N	Neto	Código	Lat. (°)	Lon. (°)	Elev (m)	R_{epi} (km)		V_{s30} (m/s)	Tipo de instrumento
						M7.2	M7.5		
9	WI	BIM	14.518	-61.066	391	932.5	793.0	373	Trillium 120PA
10	G	FDFM	14.735	-61.160	320	935.3	797.7	579	Trillium120PH
11	CM	RUS	5.893	-73.083	3697	705.8	833.3	565	Trillium240
12	CM	SJC	9.897	-75.180	596	727.9	878.5	591	RT151

Elev.: elevación
km: kilómetro
Lat.: latitud
Lon.: longitud
m: metros
m/s: metros por segundo
R_{epi}: distancia epicentral
V_{s30}: velocidad promedio de las ondas de corte en los 30 m superiores del subsuelo

6.2.2 Observaciones indirectas del movimiento del suelo

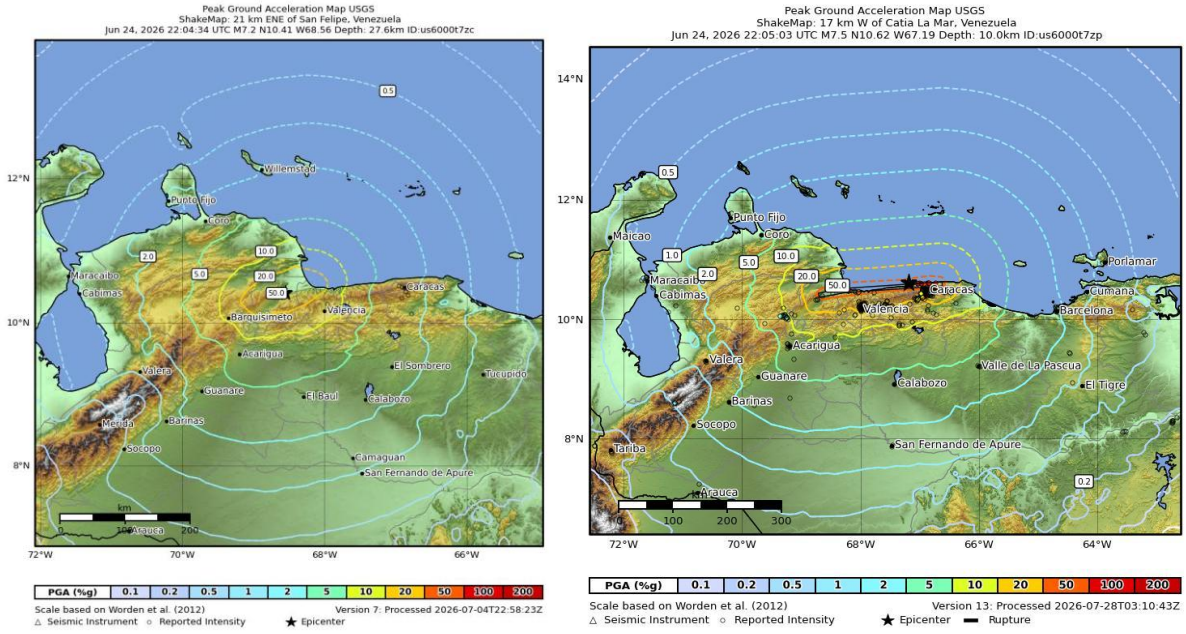
En ausencia de los registros de movimiento fuerte del terreno, las observaciones indirectas, como los mapas de Intensidad de Mercalli Modificada (MMI) o los informes "¿Lo sentiste?" ("*Did You Feel it?"* o DYFI), son un valioso recurso de datos para describir los efectos de un terremoto y la magnitud de los daños (Quitoriano y Wald, 2020). Para los sismos de magnitud 7.2 y 7.5, se presentaron 813 informes de DYFI. La mayoría de los informes procedían de Chacao (113), el Distrito Capital (49) y Valencia (39) en Venezuela, y de las islas caribeñas más cercanas (8 de Aruba, 20 de Curazao y 12 de Bonaire). Se informó un MMI máximo de IX a lo largo del corredor costero en La Guaira (Catia La Mar, Caraballeda, La Guaira, Morón y Maiquetía). La Figura 6-20 muestra los mapas de MMI correspondientes según lo informado por el USGS. Las zonas de máxima intensidad coinciden con la ruptura predominantemente hacia el este del modelo de falla finita del USGS.



(a) (b)

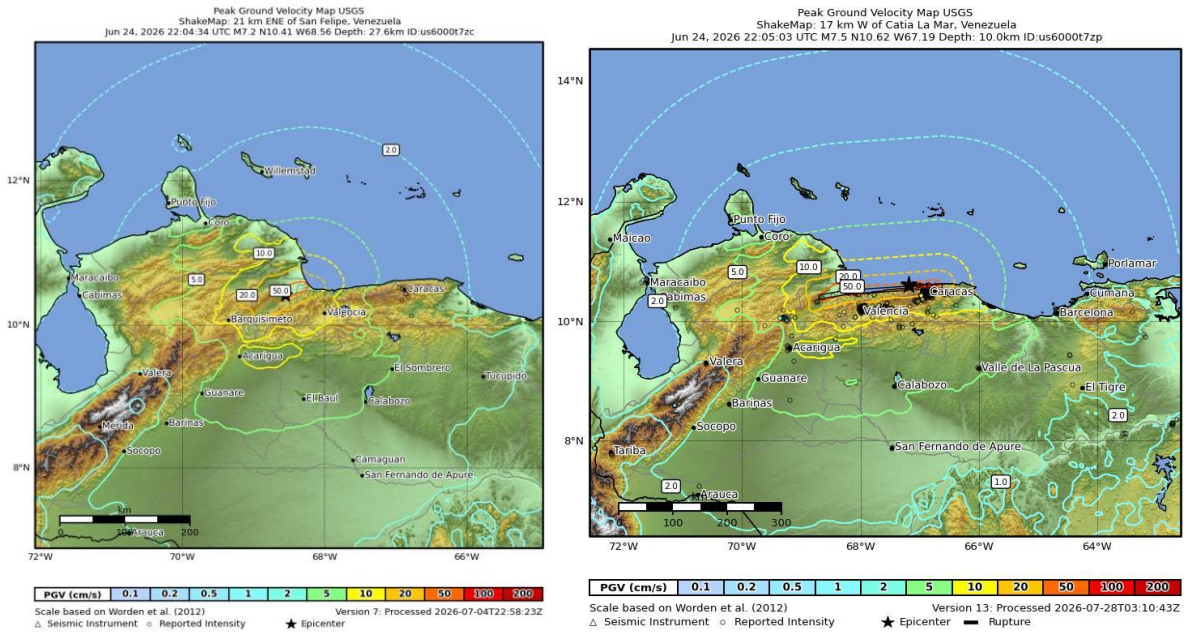
Figura 6-20. Mapas de intensidad de Mercalli modificada (MMI) de los eventos (a) M7.2 y (b) M7.5. Obtenido del Servicio Geológico de los Estados Unidos, Programa de Peligros Sísmicos.

Los mapas ShakeMaps del USGS estiman una PGA de 0.5 g, una PGV de 50 cm/s, una PSA(T=1s) de 0.5 g y una PSA(T=3s) de 0.1 g alrededor de la ruptura (Figura 6-21 a Figura 6-24). Se pronostican valores más altos de la PSA en el municipio Juan José Mora, en Carabobo (cerca del epicentro del evento de magnitud 7.2), con un máximo de 1g y 0.2g en periodos de 1 y 3 s, respectivamente. Se estima un aumento localizado de la PSA(T=3s) en los alrededores de las ciudades de Valencia y Maracay, lo que probablemente indica efectos de cuenca.



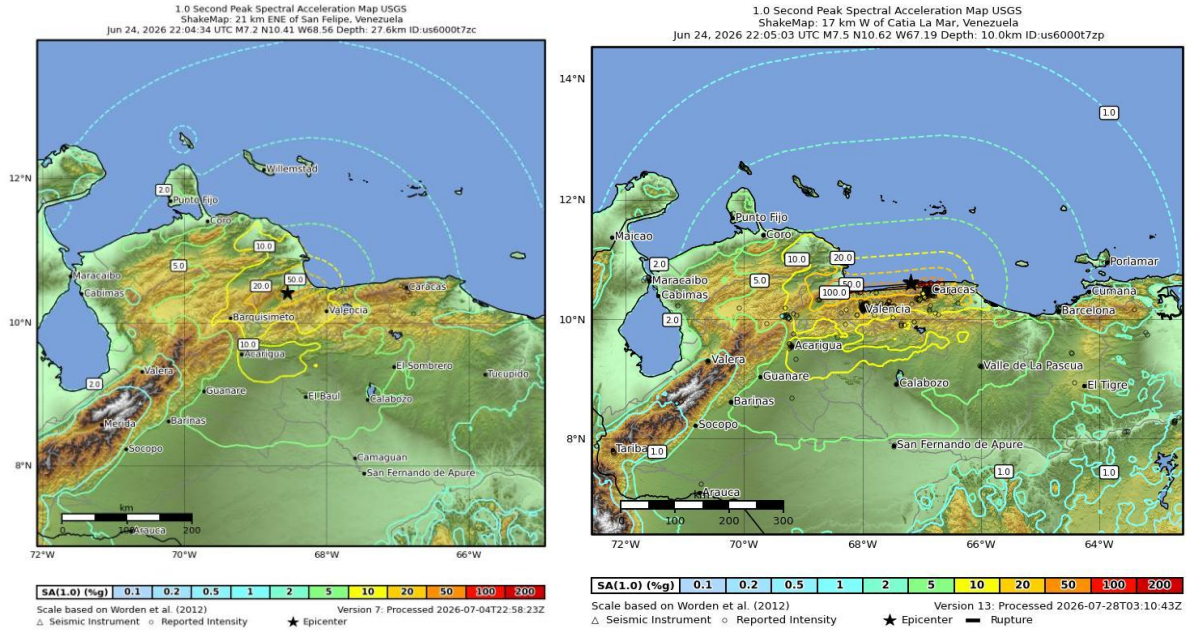
(a) (b)

Figura 6-21. Mapas de aceleración máxima del suelo (PGA) de los eventos (a) M7.2 y (b) M7.5. Obtenido del Servicio Geológico de los Estados Unidos, Programa de Peligros Sísmicos.



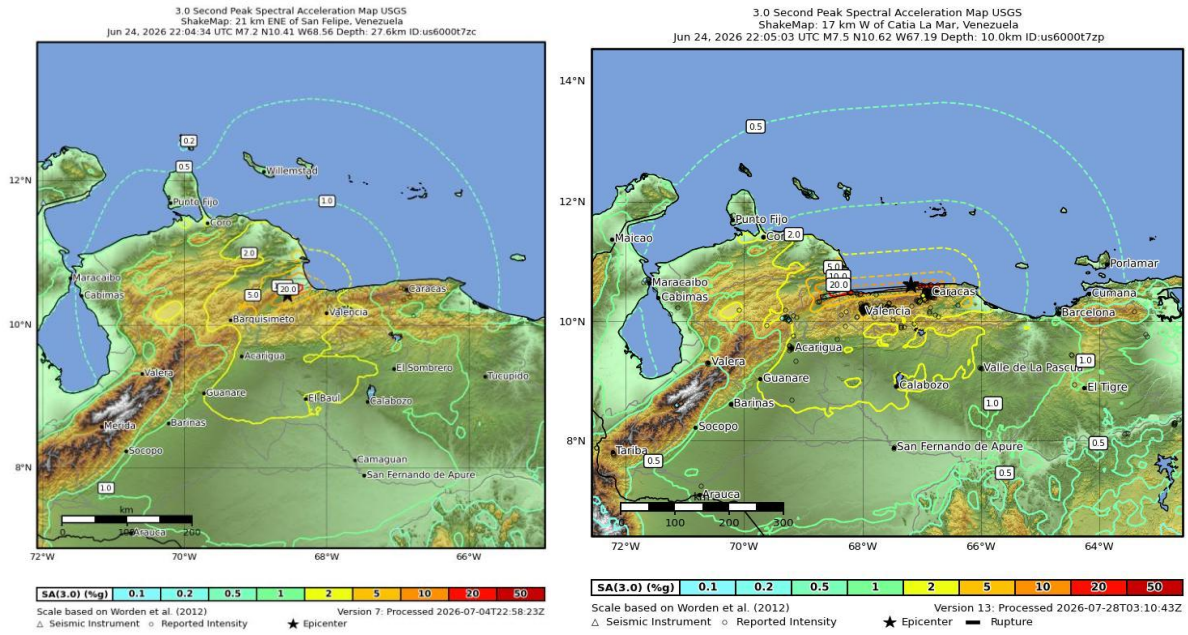
(a) (b)

Figura 6-22. Mapas de velocidad máxima del suelo (PGV) de los eventos (a) M7.2 y (b) M7.5. Obtenidos del Servicio Geológico de los Estados Unidos, Programa de Peligros Sísmicos.



(a) (b)

Figura 6-23. Mapas de aceleración pseudoespectral (PSA) en T = 1.0 s de los eventos (a) M7.2 y (b) M7.5. Obtenidos del Servicio Geológico de los Estados Unidos, Programa de Peligros Sísmicos.



(a) (b)

Figura 6-24. Mapas de aceleración pseudoespectral (PSA) a T = 3.0 s de los eventos (a) M7.2 y (b) M7.5. Obtenidos del Servicio Geológico de los Estados Unidos, Programa de Peligros Sísmicos.

6.3 Registros de movimientos del suelo y mediciones de intensidad correspondientes

Los registros de movimiento del terreno de las estaciones descritas en la sección 6.2.1.2 se procesaron utilizando el kit de herramientas gmprocess (Heath et al., 2020). En las estaciones con instrumentos co-localizados, se dio preferencia a los canales del acelerómetro (HN y BN) si la distancia epicentral correspondiente era menor o igual a 600 km. Antes de su procesamiento, los registros fueron preseleccionados. Se excluyeron los registros con una tasa de cruces por cero inferior a 0.1 Hz y/o evidencia de recorte de la señal. De las 12 estaciones, solo una (WI-BIM) se rechazó por recorte. Aunque el USGS clasifica estos eventos como una secuencia doble, el análisis preliminar indicó que las ondas no podían separarse claramente en ninguna de las estaciones seleccionadas. Dada la compleja superposición de los trenes de ondas, decidimos procesar la serie temporal como un registro único de larga duración.

El procesamiento de los registros de movimiento del terreno siguió las recomendaciones de Ancheta et al. (2013) y de Rekoske et al. (2020). Los pasos incluyeron la corrección de la línea basal (eliminación de la media y la tendencia lineal) de los registros sin procesar, la corrección de la respuesta del instrumento, la verificación de la relación señal-ruido (SNR) (SNR > 3), la aplicación de un filtro Butterworth de 5 polos de paso alto y paso bajo acausal en el dominio de la frecuencia y una corrección final de la línea basal mediante la eliminación de la media del ruido previo al evento y la eliminación de la tendencia utilizando un polinomio de sexto orden como lo describen Ancheta et al. (2013). Las ventanas de ruido, la SNR y las frecuencias de esquina se determinaron de acuerdo con Heath et al. (2020). La opción utilizada para la selección de la frecuencia de corte de paso alto en gmprocess fue “solamente SNR" y se hicieron comprobaciones visuales (por un ser humano) para todos los registros. Los resultados de la herramienta de verificación visual gmprocess están disponibles en nuestro repositorio DesignSafe. Las Figura 6-25 a la Figura 6-28 muestran las series temporales de aceleración procesadas para las 11 estaciones.

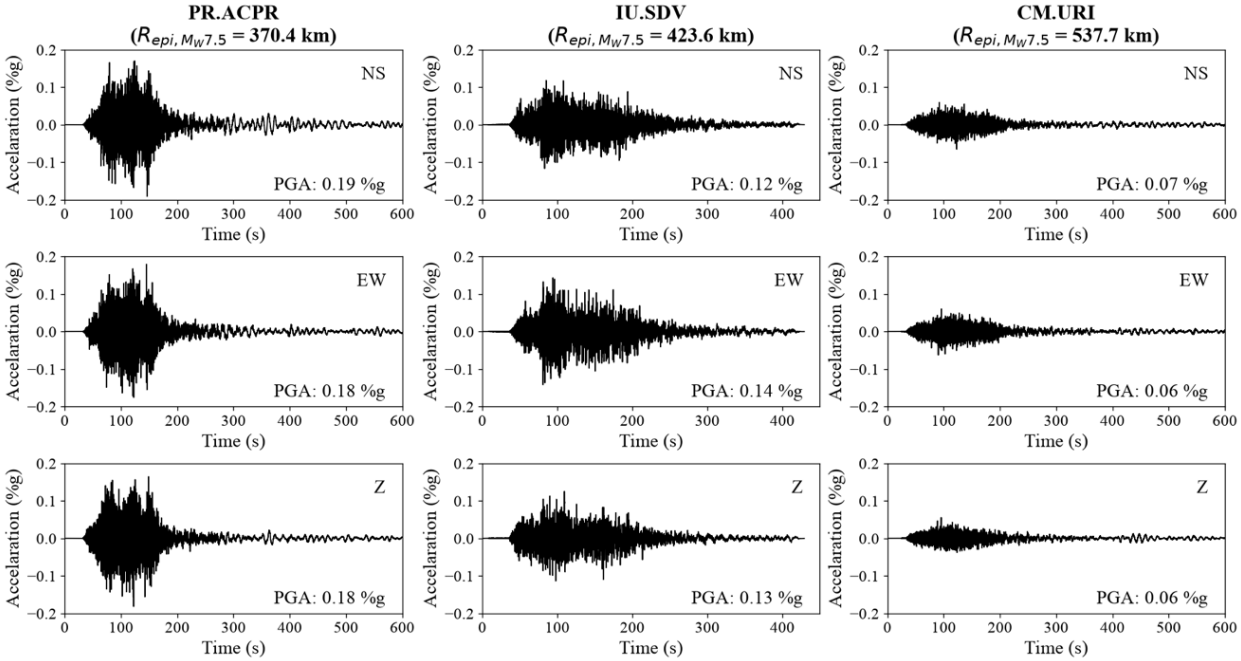


Figura 6-25. Series temporales de aceleración de las estaciones ACPR, SDV y URI.

Se calcularon medidas de intensidad de movimiento del suelo comúnmente utilizadas (IM), como la aceleración pseudoespectral amortiguada al 5% (PSA) en diferentes períodos, la aceleración máxima del suelo (PGA), la velocidad máxima del suelo (PGV), la duración significativa del 5% al 95% (D_{5-95}), la velocidad absoluta acumulada (CAV) y la intensidad de Arias (I_A) para todos los registros procesados (Tabla 6-3 y Tabla 6-4). Debido a las grandes distancias epicentrales (R_{epi} ≥ 280 km), los registros de movimiento del suelo procesados presentan una baja intensidad. La PGA horizontal máxima (0.21 %g) se registró en el componente EW de la estación GRGR en Granada, ubicada en un R_{epi}, **M**7.5 de 627 km con una inferencia V_{s30} de 505 m/s. Las estaciones ACPR en Aruba (R_{epi}, **M**7.5 = 370 km, V_{s30} = 298 m/s) y OCA en Colombia (R_{epi}, **M**7.5 = 722.5 km, V_{s30} = 466 m/s) registraron PGA similares. Las estaciones más cercanas a los epicentros de los eventos (ACPR, SDV y URI) reportaron IM (PGA, PGV y PSA-3) más bajos que los estimados por los ShakeMaps (Figura 6-21 a Figura 6-24).

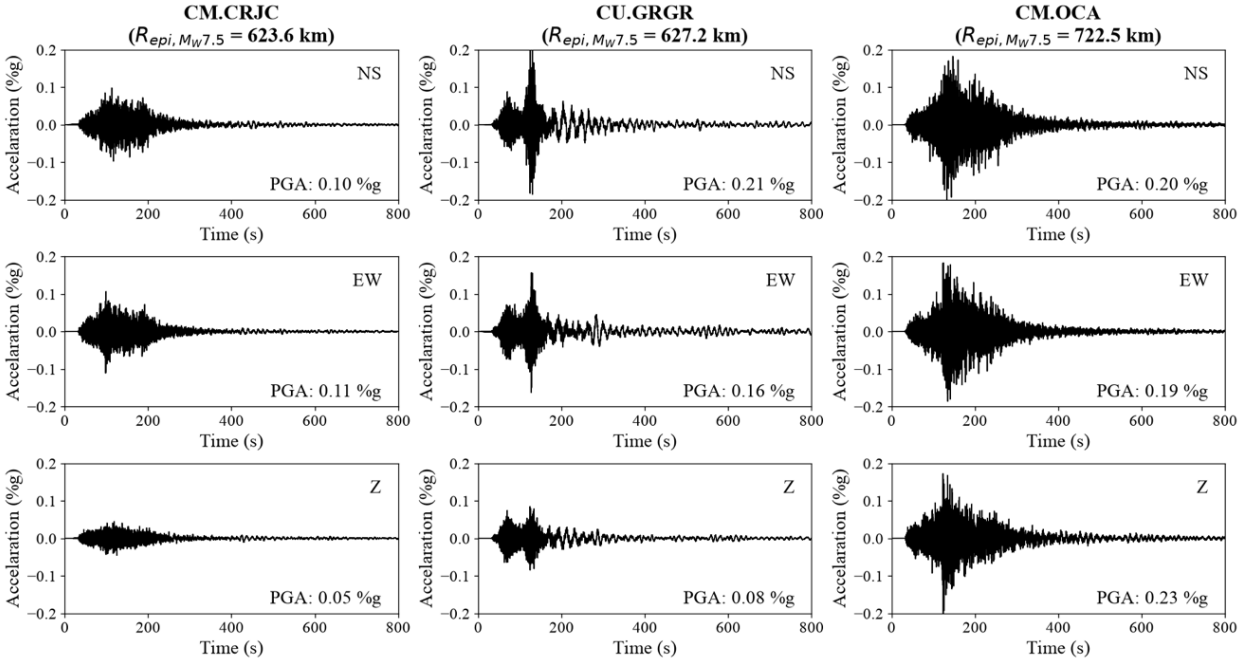


Figura 6-26. Series temporales de aceleración de las estaciones CRJC, GRGR y OCA.

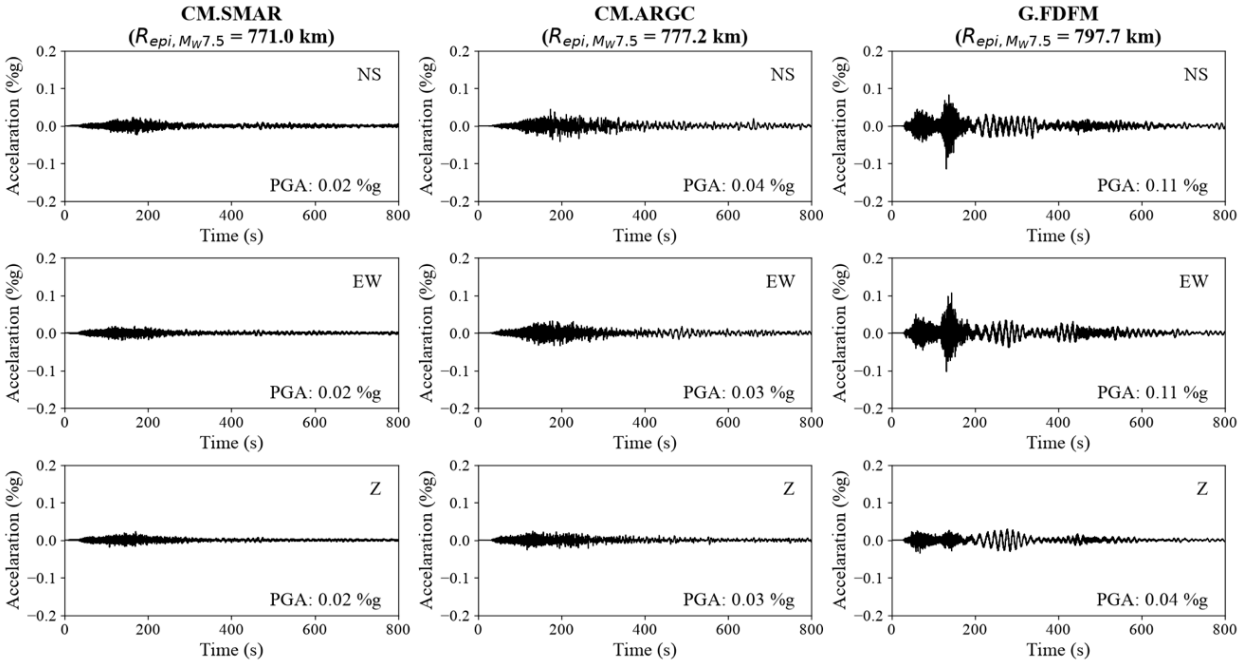


Figura 6-27. Series temporales de aceleración de las estaciones SMAR, ARGC y FDFM.

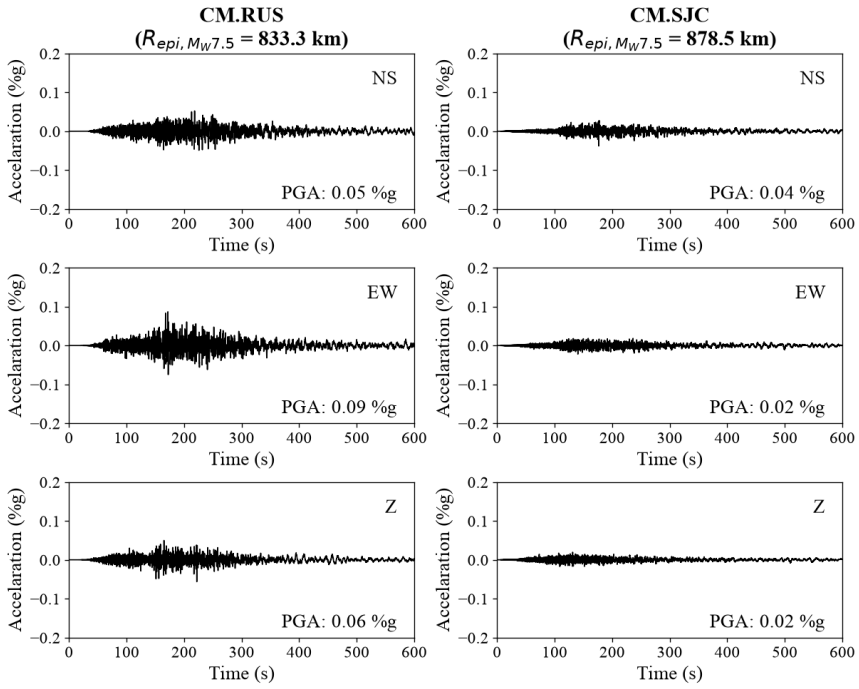


Figura 6-28. Series temporales de aceleración de las estaciones RUS y SJC.

Tabla 6-3. Medidas de intensidad (Parte 1)

Neto.	Código	R_{epi} (km)		PGA (%g)			PGV (cm/s)			PSA – 3s (%g)		
		M7.2	M7.5	EW	NS	Z	EW	NS	Z	EW	NS	Z
PR	ACPR	280.4	370.4	0.19	0.18	0.18	0.52	0.36	0.32	0.07	0.08	0.11
IU	SDV	283.5	423.6	0.12	0.14	0.13	0.35	0.49	0.30	0.08	0.16	0.09
CM	URI	401.8	537.7	0.06	0.07	0.06	0.18	0.21	0.19	0.03	0.07	0.05
CM	CRJC	477.9	623.6	0.11	0.10	0.05	0.18	0.33	0.17	0.04	0.06	0.04
CU	GRGR	777.4	627.2	0.21	0.16	0.08	1.25	1.07	0.62	0.08	0.07	0.04
CM	OCA	575.5	722.5	0.19	0.20	0.23	0.30	0.34	0.34	0.05	0.06	0.06
CM	SMAR	625.4	771.0	0.02	0.02	0.02	0.13	0.19	0.11	0.02	0.03	0.04
CM	ARGC	626.4	777.2	0.03	0.04	0.03	0.27	0.33	0.17	0.07	0.06	0.07
G	FDFM	935.3	797.7	0.11	0.11	0.04	0.73	0.74	0.61	0.04	0.04	0.03
CM	RUS	705.8	833.3	0.09	0.05	0.06	0.26	0.25	0.22	0.10	0.08	0.04
CM	SJC	727.9	878.5	0.02	0.04	0.02	0.13	0.19	0.13	0.04	0.04	0.02

%g: porcentaje de aceleración de la gravedad
cm/s: centímetros por segundo
km: kilómetros
M: magnitud del momento
R_{epi}: distancia epicentral
PGA: aceleración máxima del suelo
PGV: velocidad máxima del suelo
PSA: Aceleración pseudoespectral amortiguada al 5 % con un período de 3 segundos

Los espectros de respuesta PSA con amortiguación del 5 % de los registros se muestran en las Figura 6-29 a Figura 6-32. Las estaciones ACPR y SDV mostraron una pequeña variación en su contenido de frecuencia con la dirección, con períodos predominantes más altos en la componente norte-sur (0.8 y 0.6 s en norte-sur y 0.4 y 0.3 en este-oeste, respectivamente). Las estaciones GRGR, RUS y SJC también mostraron un período predominante claro de aproximadamente 0.2, 1.2 y 1.5 s, respectivamente.

Tabla 6-4. Medidas de intensidad (Parte 2)

Neto	Código	R_{epi} (km)		D_{5-95} (s)			CAV (g·s)			I_A (cm/s)		
		M7.2	M7.5	EW	NS	Z	EW	NS	Z	EW	NS	Z
PR	ACPR	280.4	370.4	302	211	179	0.08	0.08	0.07	0.041	0.041	0.035
IU	SDV	283.5	423.6	158	155	165	0.05	0.05	0.04	0.025	0.031	0.020
CM	URI	401.8	537.7	447	465	484	0.03	0.03	0.03	0.005	0.005	0.004
CM	CRJC	477.9	623.6	202	247	435	0.05	0.05	0.03	0.013	0.015	0.004
CU	GRGR	777.4	627.2	344	498	465	0.08	0.07	0.05	0.029	0.022	0.010

Neto	Código	R_{epi} (km)		D_{5-95} (s)			CAV (g·s)			I_A (cm/s)		
		M7.2	M7.5	EW	NS	Z	EW	NS	Z	EW	NS	Z
CM	OCA	575.5	722.5	179	186	262	0.09	0.10	0.09	0.056	0.064	0.040
CM	SMAR	625.4	771.0	1143	1176	1056	0.02	0.03	0.02	0.001	0.002	0.001
CM	ARGC	626.4	777.2	715	728	688	0.04	0.05	0.03	0.005	0.006	0.002
G	FDFM	935.3	797.7	512	546	543	0.06	0.06	0.04	0.014	0.013	0.006
CM	RUS	705.8	833.3	401	519	501	0.06	0.05	0.04	0.014	0.009	0.006
CM	SJC	727.9	878.5	847	667	993	0.03	0.03	0.02	0.002	0.002	0.001

CAV: velocidad absoluta acumulada
cm/s: centímetros por segundo
D_{5-95}: duración significativa entre los niveles del 5 % y el 95 % de intensidad de Arias
I_A: Intensidad de Arias
km: kilómetro
M: magnitud del momento
s: segundo
R_{epi}: distancia epicentral

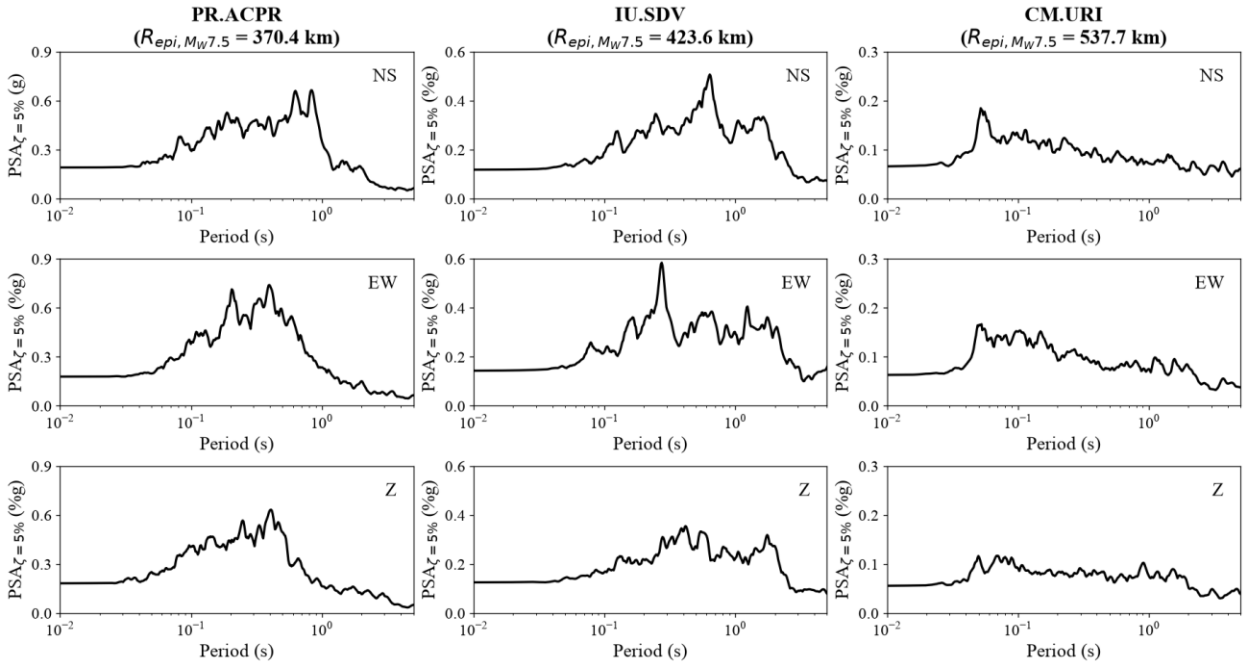


Figura 6-29. Espectros de respuesta de aceleración pseudoespectral (PSA) con amortiguación del 5% de las estaciones ACPR, SDV y URI. Tenga en cuenta que la escala del eje Y varía para cada estación.

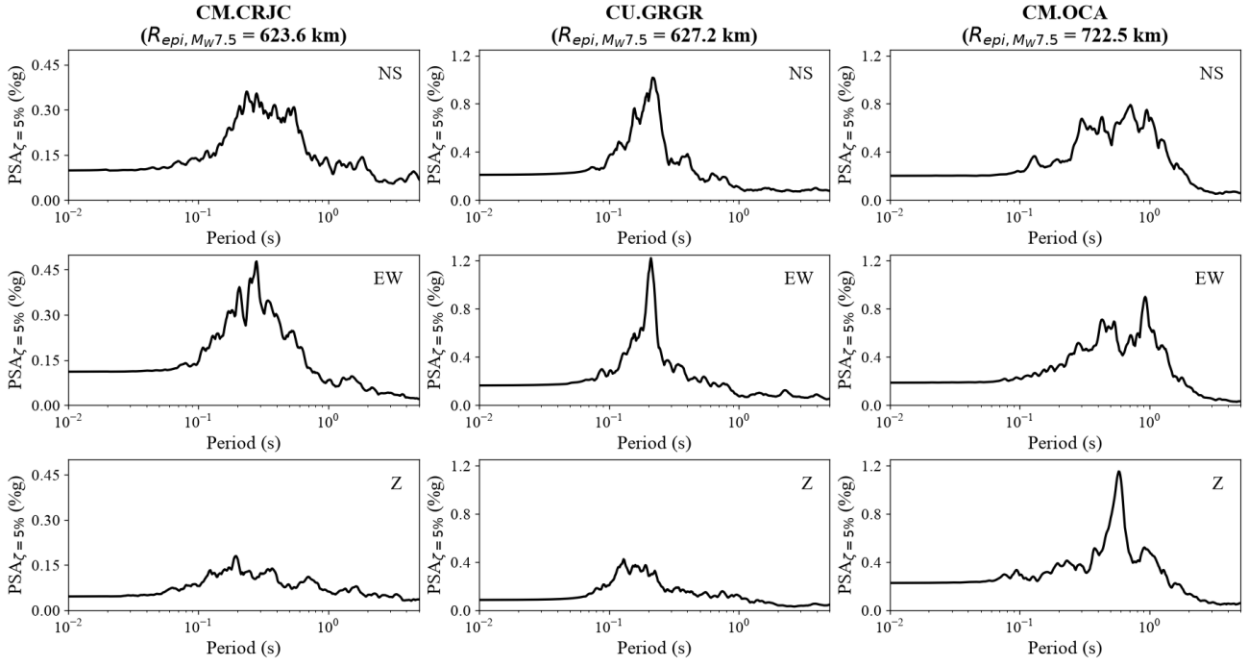


Figura 6-30. Espectros de respuesta de aceleración pseudoespectral (PSA) con amortiguación del 5% de las estaciones CRJC, GRGR y OCA. Tenga en cuenta que la escala del eje Y varía para cada estación.

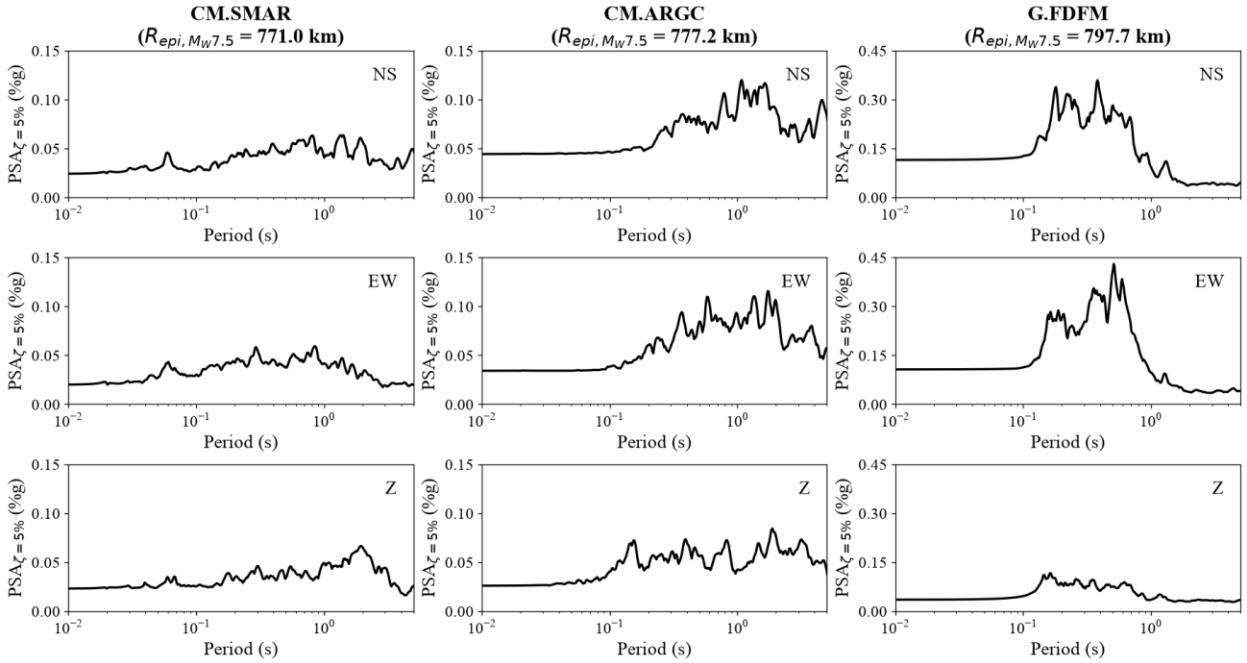


Figura 6-31. Espectros de respuesta de aceleración pseudoespectral (PSA) con amortiguación del 5 % de las estaciones SMAR, ARGC y FDFM. Tenga en cuenta que la escala del eje Y varía para cada estación.

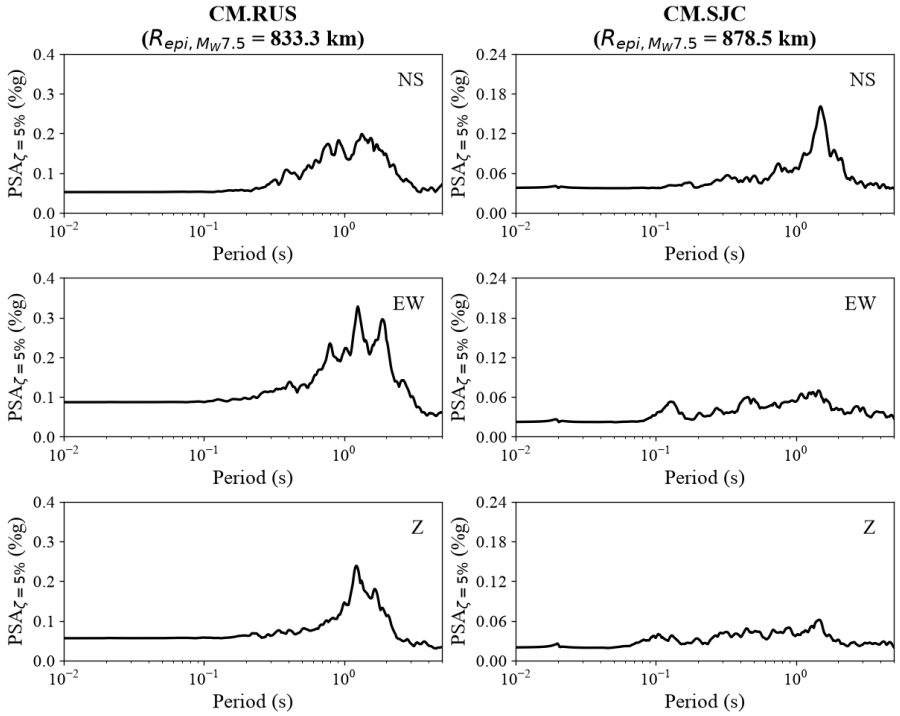


Figura 6-32. Espectros de respuesta de aceleración pseudoespectral (PSA) con amortiguación del 5 % de las estaciones RUS y SJC. Tenga en cuenta que la escala del eje Y varía para cada estación.

6.4 Factores potenciales que afectan las caracter í sticas del movimiento del suelo

Las características de los movimientos del suelo generados por los terremotos de San Felipe y Catia La Mar de 2026 pueden haber estado influenciadas por varios factores relacionados con la fuente, la trayectoria y el sitio, más allá de la magnitud y la distancia por sí solas. Esta sección analiza tres mecanismos que son particularmente relevantes para la interpretación de las observaciones disponibles: los efectos de campo cercano y la directividad, la amplificación inducida por la cuenca y los efectos de propagación de ondas, y la posible modificación de los movimientos del suelo asociados con el desencadenamiento de la licuación. Estos factores proporcionan un marco para evaluar por qué la intensidad del temblor, el contenido de frecuencia, la duración y los patrones de daños pueden haber variado en las zonas afectadas a pesar de la limitada disponibilidad de registros instrumentales cercanos a la fuente.

6.4.1 Efectos de fallas cercanas en los movimientos del terreno

Es bien sabido que en el entorno cercano a una falla, particularmente cerca de una ruptura caracterizada por directividad hacia adelante, los movimientos del suelo tienen características distintivas y pueden provocar un mayor daño (Sommerville et al., 1997; Bray y Rodríguez-Marek 2004). Los efectos cercanos a la falla incluyen la polarización en direcciones específicas, las distribuciones espaciales del movimiento sísmico del terreno basadas en la dirección de la ruptura de la falla y la dirección del deslizamiento en la falla en relación con el sitio, y características de tipo pulso del movimiento del suelo (y efectos subsiguientes en la aceleración pseudoespectral;

Kramer y Stewart 2024). La zona cercana a la falla se ha definido ampliamente como el área dentro de una distancia de aproximadamente 20 km de la ruptura (Bray y Rodríguez-Marek 2004). Dada la extensión de la ruptura de la falla asociada con el evento de **M**7.5 de junio de 2026, la dirección hacia el este de la ruptura y su ubicación en relación con áreas densamente pobladas en La Guaira, se deben examinar los efectos cercanos a la falla como posibles contribuyentes a las características del movimiento del suelo y al desempeño de la infraestructura civil en las áreas más afectadas.

En terremotos anteriores se han documentado efectos cercanos a la falla, lo que proporciona evidencia del impacto de los movimientos sísmicos pulsantes en el desempeño de los sistemas de infraestructura civil; por ejemplo, los terremotos de Northridge de 1994, Kobe de 1995, Chi-Chi de 1999 y, más recientemente, la secuencia sísmica de Kahramanmaraş de 2023. Los esfuerzos por caracterizar los movimientos del suelo con forma de pulso se centran en analizar las características del pulso, es decir, su período y amplitud, así como en comprender la probabilidad de experimentar un pulso (Shahi y Baker 2014). Además, Rodríguez-Marek y Bray (2006) descubrieron que la respuesta de los depósitos sedimentarios cercanos a la superficie afecta precisamente la amplitud y el período de los pulsos de directividad hacia adelante. El análisis de la intersección entre las condiciones locales del terreno en La Guaira y los efectos cercanos a la falla debería ser un área prioritaria para futuras investigaciones. Según Rodríguez-Marek y Bray (2006), "los sitios con suelo rígido tienden a amplificar la velocidad máxima del terreno y aumentar el período de los movimientos de tipo pulsante, particularmente cuando el período del movimiento de la roca coincide con el período de degradación del sitio". Los mismos autores indican que la amplificación es limitada en lugares con suelos blandos debido a la resistencia dinámica del suelo débil y a la disipación de energía que se produce durante los fuertes movimientos sísmicos. Una mejor comprensión de la variabilidad espacial de los suelos en La Guaira, tanto a escala regional como a escalas más locales, será esencial para desvelar las complejidades de la respuesta sísmica del sitio ante movimientos del terreno de directividad frontal cercanos a la falla. Lamentablemente, en el momento de la finalización de este informe, no se dispone de registros de movimientos sísmicos en La Guaira.

6.4.2 Efectos de cuenca

Hace casi 60 años, el 29 de julio de 1967, se produjo un terremoto con una magnitud estimada de entre 6.4 y 6.6 a 56 km al norte de Caracas, Venezuela (Genatios et al., 2017). El terremoto no solo causó más de 200 muertes y daños extensos en la ciudad y en todo el Valle de Caracas (Duval et al., 2001; Genatios et al., 2017), sino que también sirvió como una base importante para las investigaciones sobre cómo la estructura geológica de la cuenca influye en la propagación de ondas sísmicas y la amplificación del movimiento del suelo dentro del Valle de Caracas en los años posteriores (Papageorgiou y Kim, 1991a,b, 1993). Los primeros estudios de Papageorgiou y Kim examinaron la propagación y amplificación de las ondas sísmicas del terremoto de 1967 en el Valle de Caracas (Papageorgiou y Kim, 1991a para las ondas SH, y Papageorgiou y Kim, 1993 para las ondas P y SV), utilizando modelos 2D lateralmente finitos con estructura geológica variable en lugar de modelos simples estratificados verticalmente (1D). Estos estudios describieron el distrito de Palos Grandes del Valle de Caracas mediante una sección transversal norte-sur en 2D con dos variaciones, con y sin una capa sedimentaria delgada y más blanda en la parte superior de la cuenca, ambas incrustadas en un semiespacio uniforme sin amortiguación (véase la

Figura 6-33para más detalles), y consideraron tanto ondas planas como fuentes de línea antiplanar como ondas incidentes. Demostraron las limitaciones del enfoque 1D tanto para incidencia no vertical como para incidencia vertical con interfaz roca-sedimento curva, mediante una estructura mucho más detallada y máximos mayores en las relaciones de amplificación en relación con la respuesta del afloramiento rocoso, que lo predicho por los modelos de respuesta del sitio 1D (Papageorgiou y Kim, 1991a). Además, descubrieron que el borde norte del valle, con una pendiente pronunciada, genera ondas superficiales más fuertes a través de reflexiones, y que los efectos 2D son más pronunciados para las ondas P y SV que se propagan horizontalmente e inciden en o cerca del ángulo crítico (Papageorgiou y Kim, 1993), lo que proporciona un marco para comprender cómo la geometría del valle 2D y la incidencia de las ondas pueden influir en la amplificación sísmica en Palos Grandes, Caracas.

	ρ (gm/cm^3)	α(m/sec)	β(m/sec)	$Q_S[\xi_S]^*$
Model A				
Sediment	1.8	1775	1025	∞ [0.0]
Half-space	2.2	4000	2300	∞ [0.0]
Model B				
Thin, soft cover layer†	1.7	650	310	12 [0.042]
Sediment	1.8	1700	950	12 [0.042]
Half-space	2.2	4000	2300	∞ [0.0]

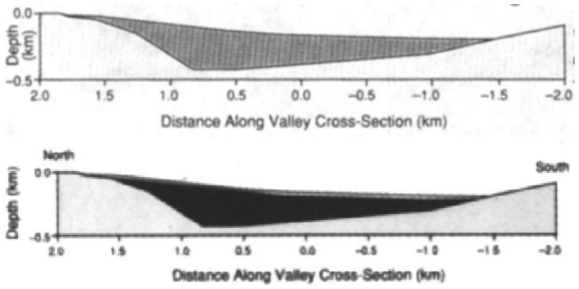


Figura 6-33. (Izquierda) Parámetros físicos y (derecha) secciones transversales norte-sur de modelos 2D para el Valle de Caracas, del modelo A (arriba a la derecha) y del modelo B (abajo a la derecha) respectivamente. Modificado a partir de la Tabla 1, la Figura 3 y la Figura 9 en Papageorgiou y Kim (1991a).

Las investigaciones posteriores combinaron las limitaciones observacionales con modelos numéricos cada vez más sofisticados para caracterizar la variabilidad espacial y la naturaleza multidimensional de la respuesta del Valle de Caracas. Duval et al. (2001) utilizaron mediciones de microtemblores para investigar los efectos del sitio en Caracas, proporcionando evidencia observacional de una respuesta sísmica espacialmente variable dentro del valle. Semblat et al. (2002) simularon además numéricamente los efectos de amplificación considerando una cuenca 2D para la propagación de ondas SH planas en la región de Palos Grandes, utilizando el método de elementos de contorno en el dominio de la frecuencia. Utilizando una capa aluvial homogénea sobre el lecho rocoso elástico (véase la Figura 6-34), encontraron una buena concordancia entre las simulaciones y las mediciones de microtemblores, y destacaron la influencia de la amortiguación de la cuenca, el módulo de corte y la incidencia en las amplificaciones del sitio. Festa et al. (2005) examinaron más a fondo la interacción entre las ondas superficiales y los límites en los modelos 2D para Caracas, y redujeron la contaminación de reflexiones espurias al incorporar una frecuencia de corte y una sobreamortiguación en los límites absorbentes. Esto puso de relieve la importancia de tener en cuenta las interacciones entre las ondas superficiales y los límites al modelar la respuesta sísmica a escala de cuenca.

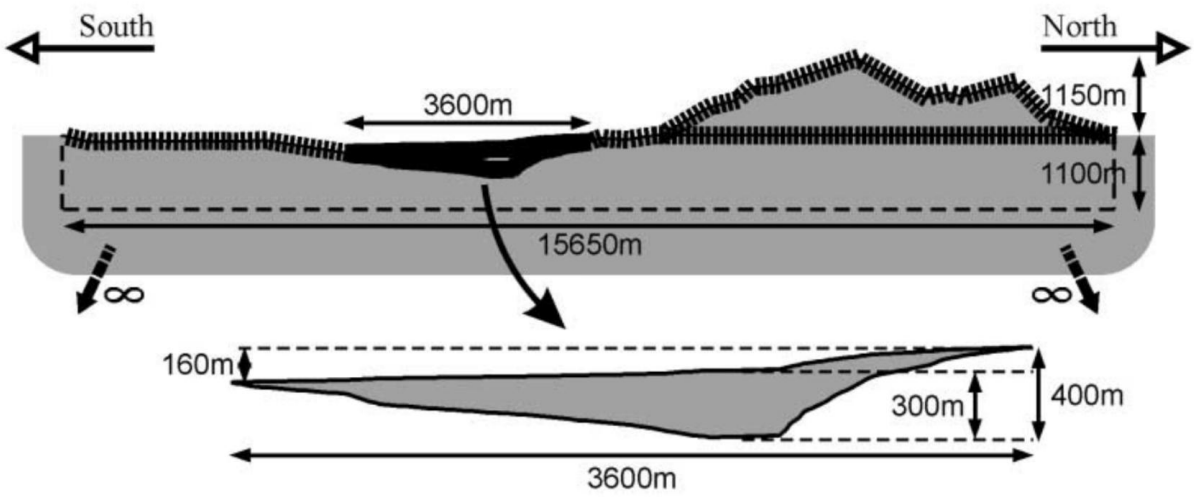


Figura 6-34. Malla de elementos de contorno para una onda SH plana, a lo largo de un perfil norte-sur de Palos Grandes, Caracas. Modificado a partir de la Figura 1 en Semblat et al. (2002).

Avanzando desde descripciones simplificadas en 1D y 2D hacia modelos numéricos que tienen en cuenta explícitamente la geometría 3D del Valle de Caracas, Delavaud et al. (2006, 2007) desarrollaron simulaciones de elementos espectrales 3D del valle e investigaron la influencia de su estructura 3D en la propagación de ondas sísmicas, mostrando que la compleja geometría de la cuenca contribuye a variaciones espaciales en la respuesta sísmica simulada. Hernández et al. (2011) consideraron los efectos del sitio 1D, 2D y 3D en los espectros de respuesta sísmica para las microzonas de Caracas, enfatizando la distinción entre la amplificación asociada con la columna sedimentaria local y los efectos adicionales que surgen de la estructura lateral y 3D de la cuenca. Cincuenta años después del terremoto de Caracas de 1967, Genatios et al. (2017) proporcionó un resumen más amplio de todas estas investigaciones previas en el Capítulo 8.5.

En conjunto, estos estudios indican que la respuesta sísmica del Valle de Caracas implica no solo la amplificación asociada con la estructura sedimentaria vertical, sino también efectos a escala de cuenca derivados de la geometría lateral, la propagación de ondas superficiales y la estructura tridimensional de la cuenca. Los estudios en 2D demuestran que la geometría del valle puede modificar la propagación y amplificación de las ondas sísmicas, mientras que las simulaciones de elementos espectrales en 3D proporcionan un marco para tener en cuenta la estructura volumétrica completa de la cuenca. Los estudios observacionales de los efectos del sitio y las comparaciones entre representaciones 1D, 2D y 3D respaldan aún más la importancia de distinguir los efectos locales de la columna sedimentaria de los fenómenos más amplios a escala de cuenca. Por lo tanto, los estudios disponibles caracterizan el Valle de Caracas como un entorno geológico complejo en el que la respuesta sísmica espacialmente variable, incluida la observada en áreas como Palos Grandes, refleja la influencia combinada de las condiciones locales del sitio y los efectos multidimensionales de la cuenca.

6.4.3 Efectos de la licuación en el movimiento del suelo

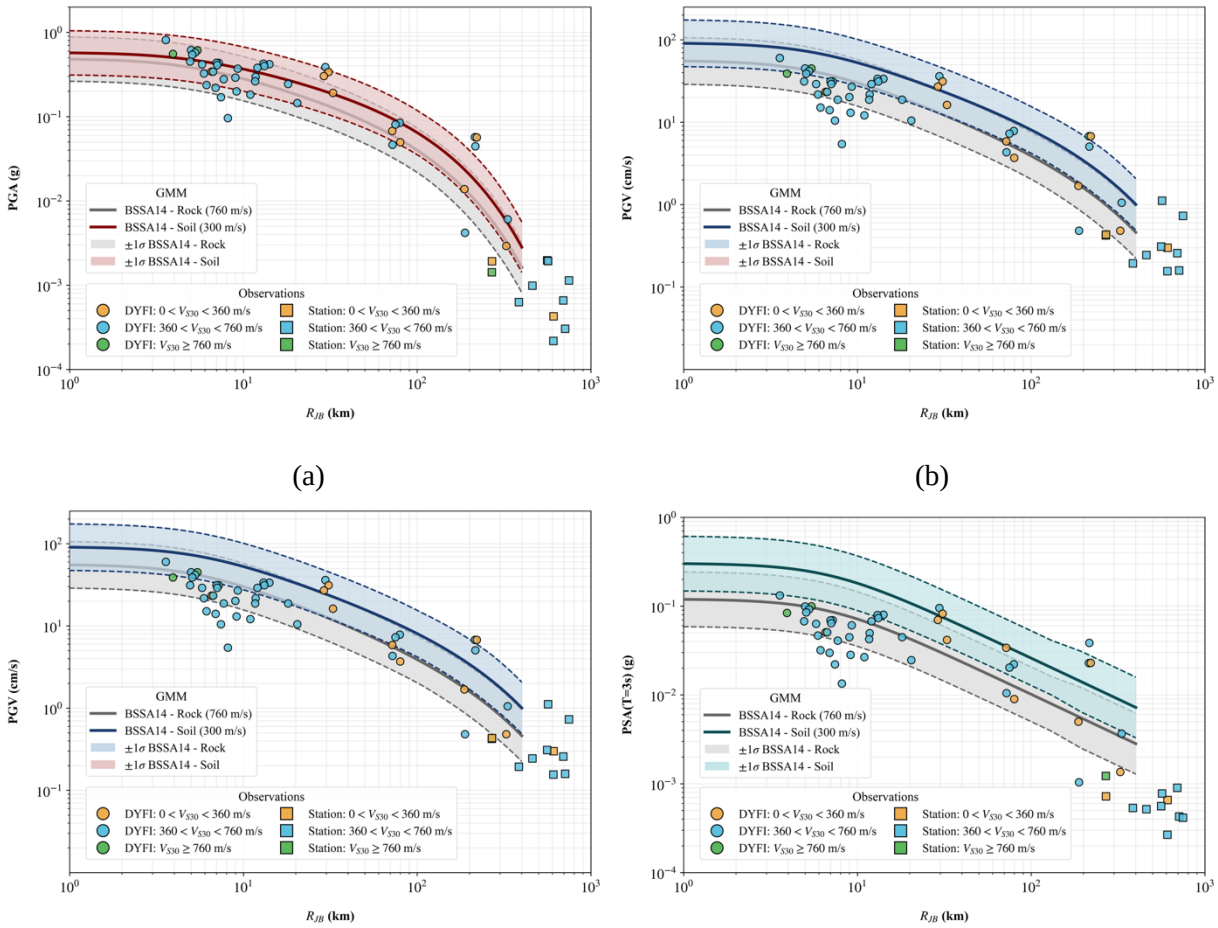
Es probable que muchas de las áreas afectadas en La Guaira alberguen suelos licuables debido a su proximidad a la costa (con probables niveles freáticos altos y la presencia de depósitos de suelo mayoritariamente granulares) y la evidencia de activación de la licuación a través de múltiples manifestaciones superficiales, como se documenta en el Capítulo 9**¡Error! No se encuentra el o rigen de la referencia.**. En este caso, observamos que, dentro de los depósitos licuables, la generación de una presión de poros positiva en exceso degrada la rigidez del suelo debido a la reducción de la tensión efectiva (además del comportamiento no lineal dependiente de la deformación). Por lo tanto, cuando se desencadena la licuación, la amplitud y el contenido de frecuencia del movimiento del terreno resultante en la superficie del suelo pueden cambiar significativamente. Por ejemplo, los componentes de alta frecuencia de un movimiento de la roca madre pueden no transmitirse a la superficie del suelo (Kramer y Stewart 2025). En el momento de la publicación de este informe, los autores no disponían de registros de movimientos del terreno para investigar los posibles efectos desencadenantes de la licuación en la intensidad del movimiento sísmico en los sitios de La Guaira. Sin embargo, estos efectos deben tenerse en cuenta en futuras investigaciones porque las amplitudes de aceleración bajas a bajas frecuencias (resultantes de los efectos desencadenantes de la licuación en los movimientos del terreno) aún pueden producir grandes desplazamientos, lo que puede ser perjudicial para el rendimiento de las estructuras enterradas y las estructuras apoyadas sobre cimientos profundos que se extienden a través de los depósitos licuables (Kramer y Stewart 2025).

6.5 Comparación de los movimientos sísmicos observados con los modelos de movimiento sísmico

Los valores registrados de PGA, PGV y PSA en periodos (T) de 01,0 y 3,0 s se compararon con cuatro modelos de movimiento del suelo (GMM) de NGA-WEST2: BSSA14 (Boore et al., 2014), CB14 (Campbell y Bozorgnia, 2014), ASK 14 (Abrahamson, Silva y Kamai, 2014) y CY14 (Chiou y Youngs, 2014). Debido a que los registros disponibles de movimientos del suelo cerca de la fuente eran limitadas, incorporamos 59 valores de intensidad macrosísmica (Intensidad de Mercalli modificada, MMI) reportados por el USGS con base en los informes DYFI. Los valores MMI corresponden a promedios de las respuestas individuales de DYFI dentro de un bloque geocodificado de 10 km. Los MMI se convirtieron a PGA, PGV y PSA utilizando la ecuación de conversión de intensidad de movimiento del suelo (GMICE) derivada por Worden et al. (2012). Siguiendo la implementación de ShakeMap del USGS (Worden et al., 2020), la distancia y la magnitud se recortaron a un rango de 10 a 300 km y MW de 3,0 a 7,3 para que coincidieran con los datos empíricos válidos utilizados por Worden et al. (2012) y para evitar la extrapolación.

Las Figura 6-35 a Figura 6-38 muestran la dependencia de la distancia de la PGA, PGV, PSA(T=1s) y PSA(T=3s) en formato RotD50 estimadas para el evento de magnitud 7.5 y las condiciones del sitio de suelo (V_{s30} = 300 m/s) y roca (V_{s30} = 760 m/s), incluyendo límites de ± una desviación estándar. La distancia más cercana a la ruptura (RRUP) y la distancia Joyner-Bore (RJB) se estimaron utilizando el modelo de falla finita del USGS con OpenQuake Engine (Pagani et al., 2014). Los datos registrados se subdividieron en tres categorías según los valores de V_{S30}: (1) $V_{s30} < 360$ m/s, (2) $360 \leq V_{s30} < 760$ m/s y (3) $V_{s30} \geq 760$ m/s.

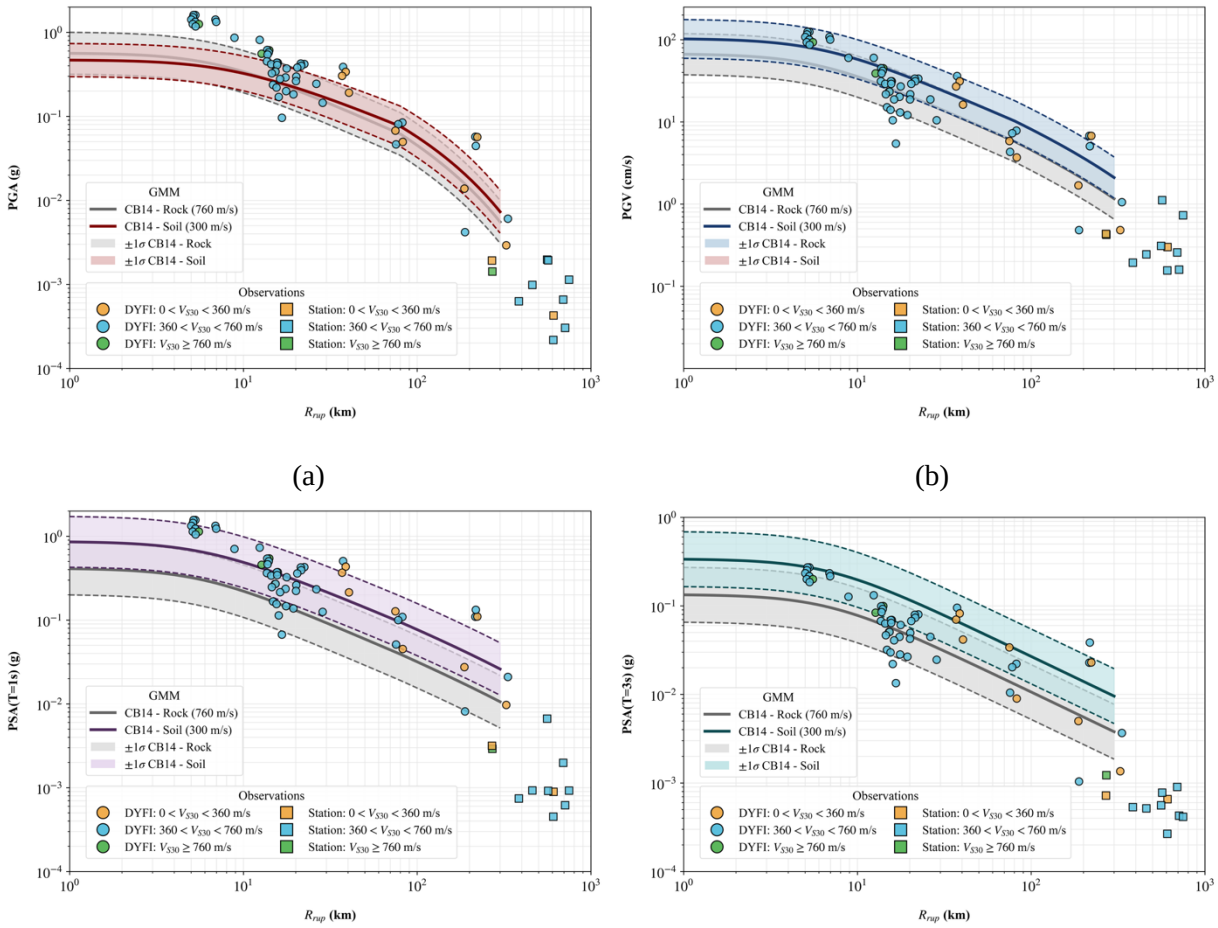
La mayoría de los datos de DYFI se situaron dentro del rango del percentil 16 al 84 (mediana ± una desviación estándar), excepto la PGA a distancias cortas ($R_{rup}\leq$ 10 km) para los modelos CB14, ASK16 y CY14. Cabe destacar que las observaciones de las dos únicas estaciones de medición de movimientos del suelo (PR-ACPR e IU-SDV) dentro del rango de aplicabilidad de los modelos cayeron por debajo del percentil 16 esperado de los cuatro modelos de movimiento del suelo, lo que sugiere una sobreestimación a largas distancias.



(a) (b)

(c) (d)

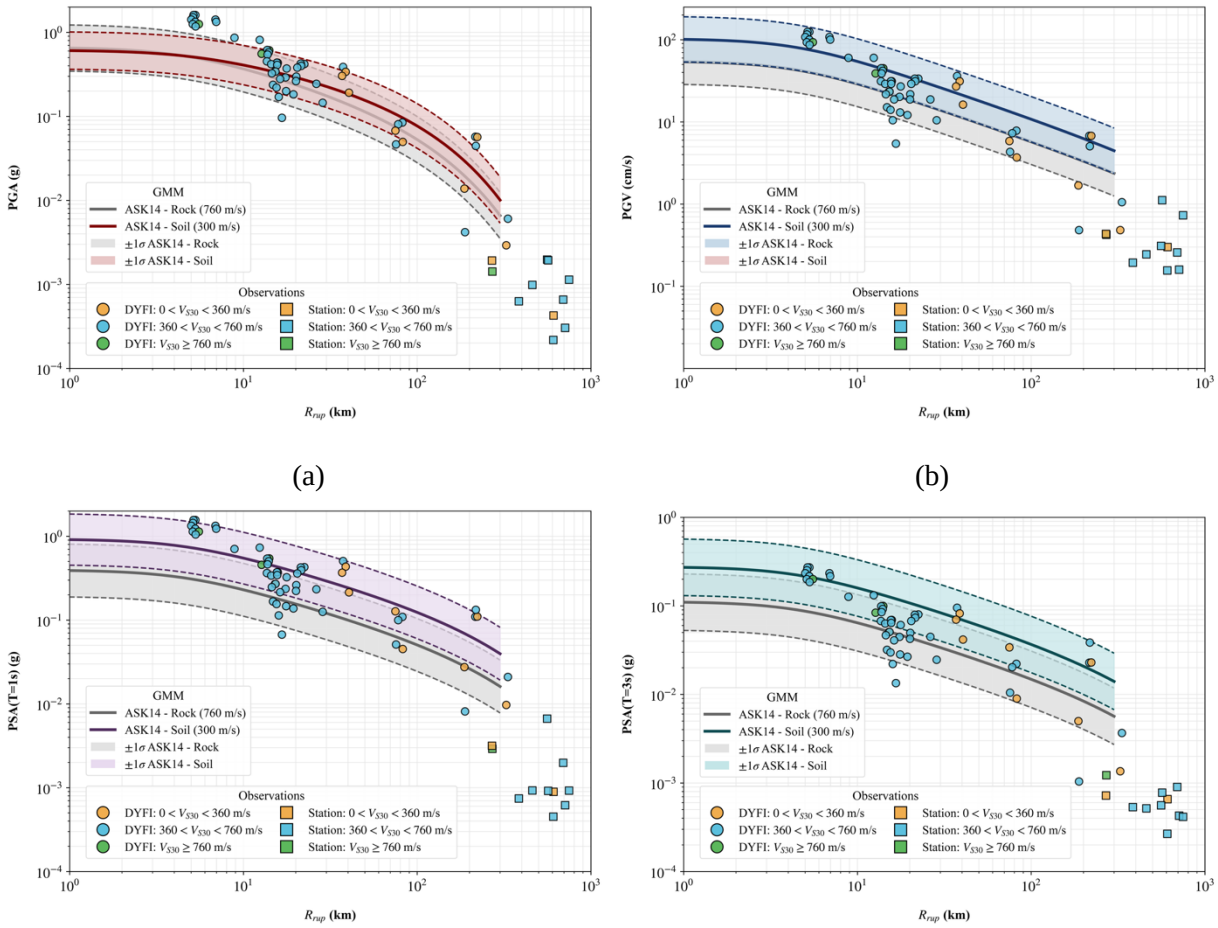
Figura 6-35. Comparación de los movimientos del suelo observados con las estimaciones del modelo BSSA14 GMM para condiciones de roca (V_{s30} = 760 m/s) y suelo (V_{s30}= 300 m/s).



(a) (b)

(c) (d)

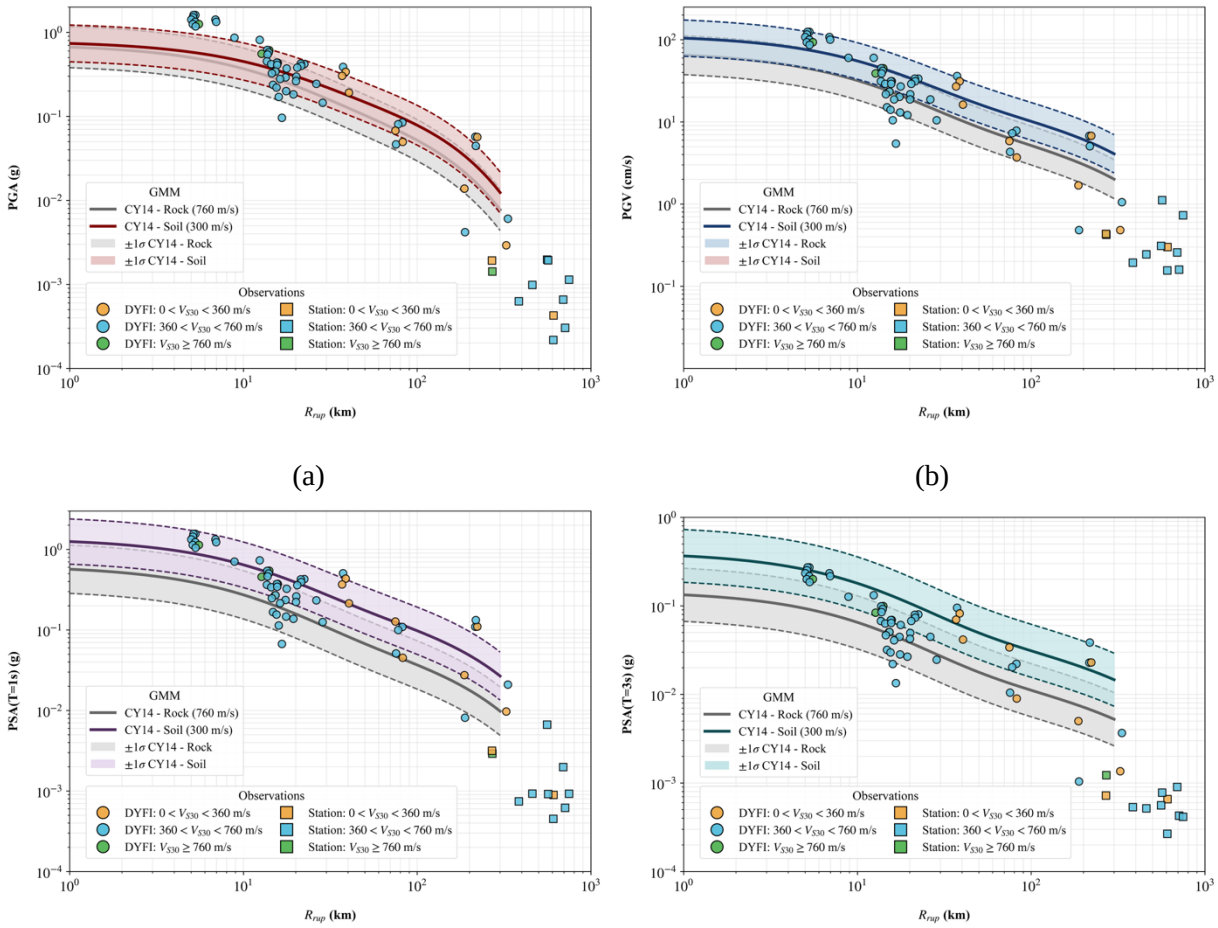
Figura 6-36. Comparación de los movimientos del suelo observados con las estimaciones del modelo GMM CB14 para condiciones de roca (V_{s30}= 760 m/s) y suelo (V_{s30}= 300 m/s).



(a) (b)

(c) (d)

Figura 6-37. Comparación de los movimientos del suelo observados con las estimaciones del modelo GMM ASK14 para condiciones de roca (V_{s30}= 760 m/s) y suelo (V_{s30}= 300 m/s).



(a) (b)

(c) (d)

Figura 6-38. Comparación de los movimientos del suelo observados con las estimaciones del modelo GMM CY14 para condiciones de roca (V_{s30}= 760 m/s) y suelo (V_{s30}= 300 m/s).

6.6 Influencia de los efectos del sitio en los patrones de movimiento del terreno y daños

En las cuencas sedimentarias, las variaciones en el espesor del sedimento, el período fundamental del sitio, la geometría de la cuenca y la rigidez del suelo pueden modificar los patrones de vibración y contribuir a daños espacialmente variables, particularmente cuando los períodos estructurales coinciden con las características de respuesta del sitio. Esta sección evalúa la evidencia de estos efectos comparando las observaciones de terremotos venezolanos anteriores con los patrones de daños preliminares documentados después de los terremotos de San Felipe y Catia La Mar de 2026.

6.6.1 Efectos locales observados en terremotos anteriores en Venezuela

Seed et al. (1972) investigaron la influencia de los efectos locales del sitio en Caracas durante el terremoto de Caracas de magnitud 6.4 de 1967, que causó el colapso de cuatro edificios de 10 a 12 pisos y aproximadamente 200 muertes. Examinaron el patrón espacial de los edificios dañados de

diferentes alturas y lo correlacionaron con la profundidad del sedimento. La Figura 6-39 (que corresponde a la figura 3 de Seed et al., 1972) muestra que la mayoría de los edificios dañados de más de 14 pisos se concentraron en el área de Palos Grandes, donde las profundidades de sedimentos son mayores (200-300 m).

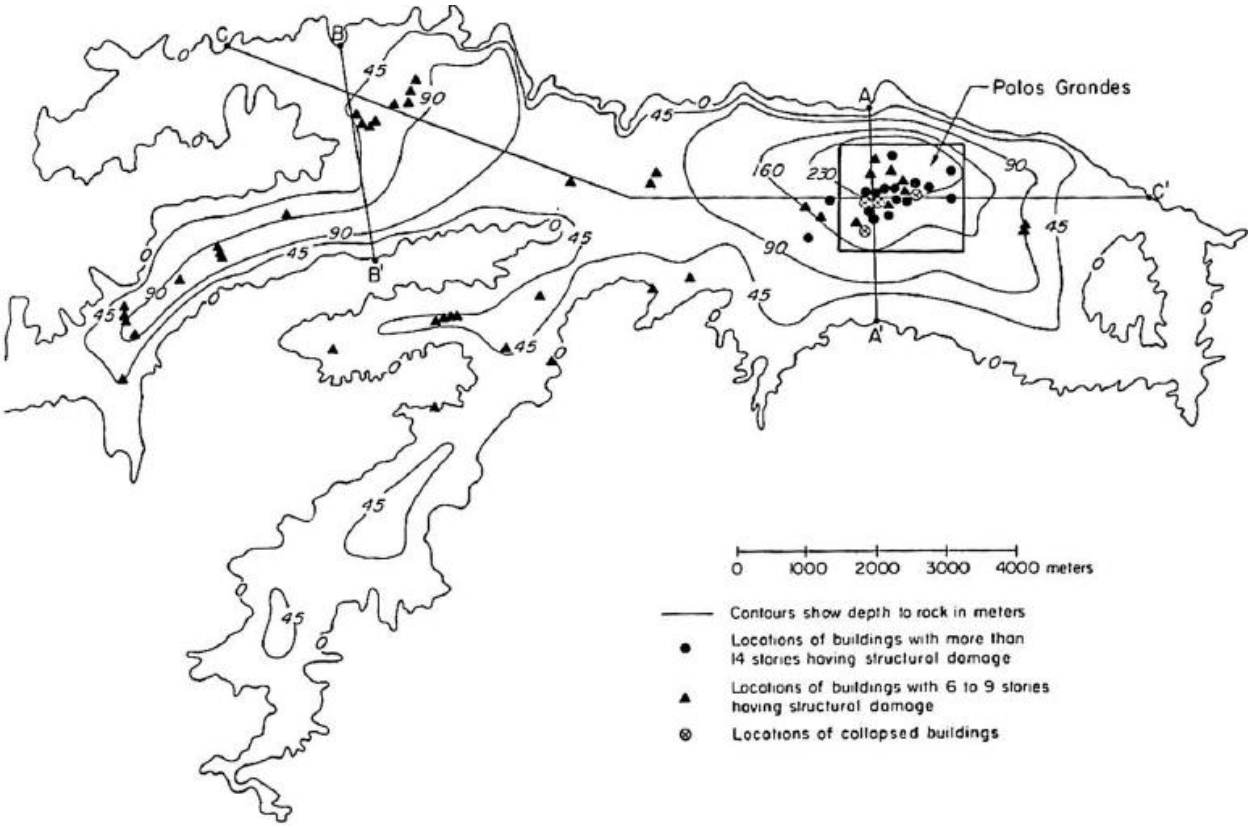


Figura 6-39. Patrón de daños observado en el terremoto de Caracas de 1967 (Seed et al., 1972).

Para cuantificar la relación entre las condiciones del sitio y los daños en los edificios, Seed et al. (1972) definió la Intensidad de Daño Estructural (SDI) como:

$$SDI = \frac{Número\ de\ edificios\ que\ sufren\ daños\ estructurales}{Número\ total\ de\ edificios}$$

y lo evaluó para diferentes categorías de altura de edificios y diferentes áreas de la cuenca.

La Figura 6-40 (que corresponde a la figura 12 de Seed et al., 1972) resume los valores de SDI obtenidos por Seed et al. (1972) en función de la altura del edificio y la profundidad del sedimento (junto con el período fundamental estimado correspondiente del depósito de suelo). La figura muestra que el SDI aumenta notablemente para edificios de 10 o más pisos una vez que la profundidad del sedimento supera aproximadamente los 190 m (lo que corresponde a períodos del sitio superiores a unos 1,2 s). Este incremento es especialmente pronunciado en edificios de más de 14 plantas. En cambio, para edificios de cinco a nueve pisos, el SDI se mantiene relativamente estable en todo el rango de profundidades de sedimentos (y períodos de sitio) considerados. Estas observaciones sugieren que los efectos del sitio ejercieron una influencia importante en la

distribución de los daños (particularmente en los edificios más altos), y que los daños más graves tendían a ocurrir cuando el período fundamental de la estructura se aproximaba al del depósito de suelo subyacente. Seed et al. (1972) también mencionan que efectos de sitio similares podrían haber influido en los patrones de daño observados en Caraballeda.

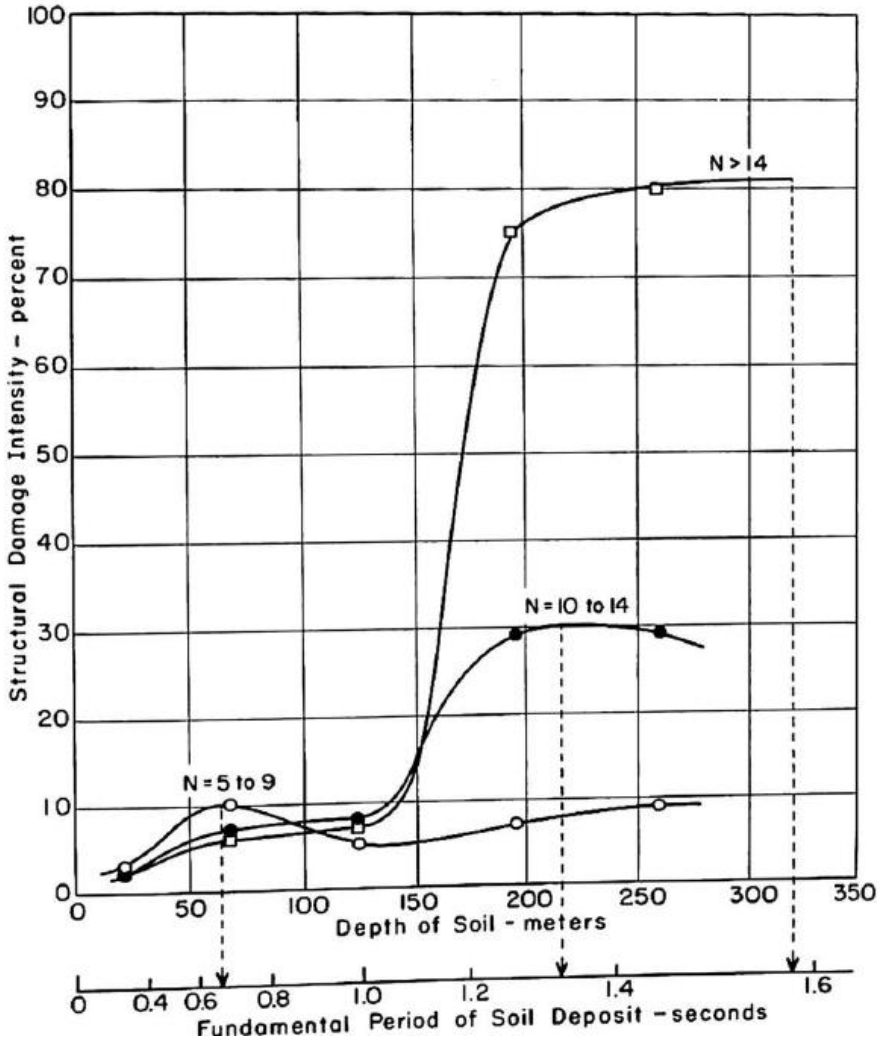


Figura 6-40. Intensidad del daño estructural en función de la profundidad del sedimento o del período fundamental del sitio para el terremoto de Caracas de 1967 (Seed et al., 1972).

6.6.2 Posibles efectos locales en el sitio durante los terremotos de 2026 en Venezuela

Para evaluar los efectos de las condiciones del sitio en Caracas durante los terremotos de 2026 de una manera análoga al enfoque de Seed et al. (1972) para el evento de 1967, creamos una base de datos de edificios dañados utilizando datos de colaboración ciudadana e imágenes satelitales. Los datos originales fueron obtenidos el 14 de julio de crisisvenzuela.org (Martínez, 2026), una plataforma digital de mapeo de crisis colaborativa desplegada para rastrear daños, colapsos

estructurales, personas desaparecidas y puntos de coordinación de ayuda tras los terremotos de San Felipe y Catia La Mar.

El conjunto de datos se filtró inicialmente por entidad federal y categoría de daños, lo que restringió el análisis a las entradas reportadas como "graves" y de "colapso total" en el Distrito Capital y Miranda. Posteriormente, cada entrada se verificó manualmente para eliminar duplicados y corregir cualquier coordenada geográfica errónea utilizando plataformas de cartografía digital (Google Maps, Google Earth, OpenStreetMap). Durante esta etapa, validamos sistemáticamente las clasificaciones de daños generadas por la comunidad utilizando una combinación de imágenes enviadas a la plataforma, informes periodísticos y datos de redes sociales. Muchas estructuras que sufrieron graves daños estructurales y arquitectónicos fueron clasificadas erróneamente como "colapso total". Para este análisis, las estructuras se reclasificaron como "colapsadas" solo si presentaban una falla estructural completa o parcial de los elementos portantes, lo que provocaba que la estructura se cayera o perdiera estabilidad global según lo define la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNDRR, 2025). Las figuras A.1 a A.6 muestran ejemplos de edificios considerados "colapsados", mientras que las figuras A.7 a A.15 muestran edificios designados como "dañados". La base de datos final consta de 420 entradas, de las cuales 11 edificios están clasificados como derrumbados, y está disponible en nuestro repositorio de datos GEER en DesignSafe.

Las alturas de los edificios (H) se estimaron utilizando el conjunto de datos temporales Open Buildings 2.5D (Sirko et al., 2023), que emplea un modelo de aprendizaje profundo de Google Research para detectar la presencia de edificios por píxel, recuentos fraccionarios y altura a partir de imágenes de Copernicus Sentinel-2. Este conjunto de datos, que abarca el período 2016-2023, proporciona información sobre África, el sur de Asia, el sudeste asiático, América Latina y el Caribe, con una resolución espacial de aproximadamente 4 m y un error absoluto medio de 1.5 m para la altura de los edificios. Aunque el modelo solo se ha validado con conjuntos de datos de Norteamérica, Europa y Japón (Sirko et al., 2023), verificamos su aplicabilidad a Caracas comparando los resultados del modelo con datos fotográficos de 126 edificios. Este análisis indicó una altura media de planta de 3.1 m (con el 95 % de las observaciones entre 2.4 y 4 m), lo que proporciona confianza en el rendimiento del modelo en la región de estudio.

La Figura 6-41 muestra la distribución de los daños resultantes junto con el mapa de profundidad de los sedimentos para Caracas. La distribución espacial de los edificios dañados muestra una clara concentración en la parte occidental de la cuenca sedimentaria de Caracas, con una dispersión más amplia en todo ese sector. En la zona este de la ciudad, los daños se concentran principalmente alrededor de Los Palos Grandes. Todos los edificios derrumbados se encuentran dentro o inmediatamente adyacentes al área de San Bernardino (oeste) o al área de Los Palos Grandes (este); las dos zonas que contienen los mayores espesores de sedimento.

El edificio derrumbado más alto (Edificio Petunia, con una altura de entre 30 y 45 m) está situado en la zona de Los Palos Grandes, donde el espesor de los sedimentos alcanza aproximadamente los 240 m. Según el mapa de período fundamental de sitio de Caracas (Figura 6-42; Schmitz et al., 2020), esta zona se caracteriza por períodos predominantes de 1.0 a 1.5 s, que coinciden con el período fundamental esperado de esta estructura (basado en aproximaciones de período estructural comúnmente utilizadas, como T~N/10, donde N es el número de pisos, como sugieren Seed et al., 1972). En la misma zona se encuentran otros dos edificios derrumbados (Edificio Bancaribe y

Edificio Obelisco), con una altura que oscila entre los 10 y los 30 metros. Por otro lado, todos los edificios derrumbados en el área de San Bernardino tienen una altura comprendida entre los 10 y los 30 metros. El mismo mapa de periodo de sitio indica periodos fundamentales de 0.5 a 1.0 s en esta zona, lo que coincide con los periodos estructurales esperados de los edificios derrumbados. Cabe destacar que la mayoría de los edificios derrumbados (8 de 11) se encontraban dentro de las microzonas 5 y 6 (Figura 6-43).

Este sigue siendo un análisis preliminar y no permite extraer conclusiones definitivas sobre la contribución relativa de los efectos locales del sitio. Una evaluación más definitiva requeriría un control explícito de otras variables, como la antigüedad del edificio, la calidad de la construcción, el cumplimiento de las disposiciones de diseño sísmico y la influencia de los efectos de la fuente y la trayectoria en las características del movimiento del suelo. Sin embargo, la correspondencia espacial observada entre la altura del edificio, el espesor del sedimento y el período del sitio sugiere que los efectos de resonancia pueden haber jugado un papel, análogo a los patrones documentados para el terremoto de Caracas de 1967 (Seed et al., 1972).

Además de las estructuras derrumbadas, cabe destacar que un número relativamente grande de edificios dañados que no se han derrumbado se encuentran cerca de los bordes de la cuenca, particularmente en la parte occidental del valle. Esta observación plantea la posibilidad de contribuciones adicionales de los efectos de borde de cuenca (por ejemplo, Kawase, 1996) y justifica una investigación más profunda.

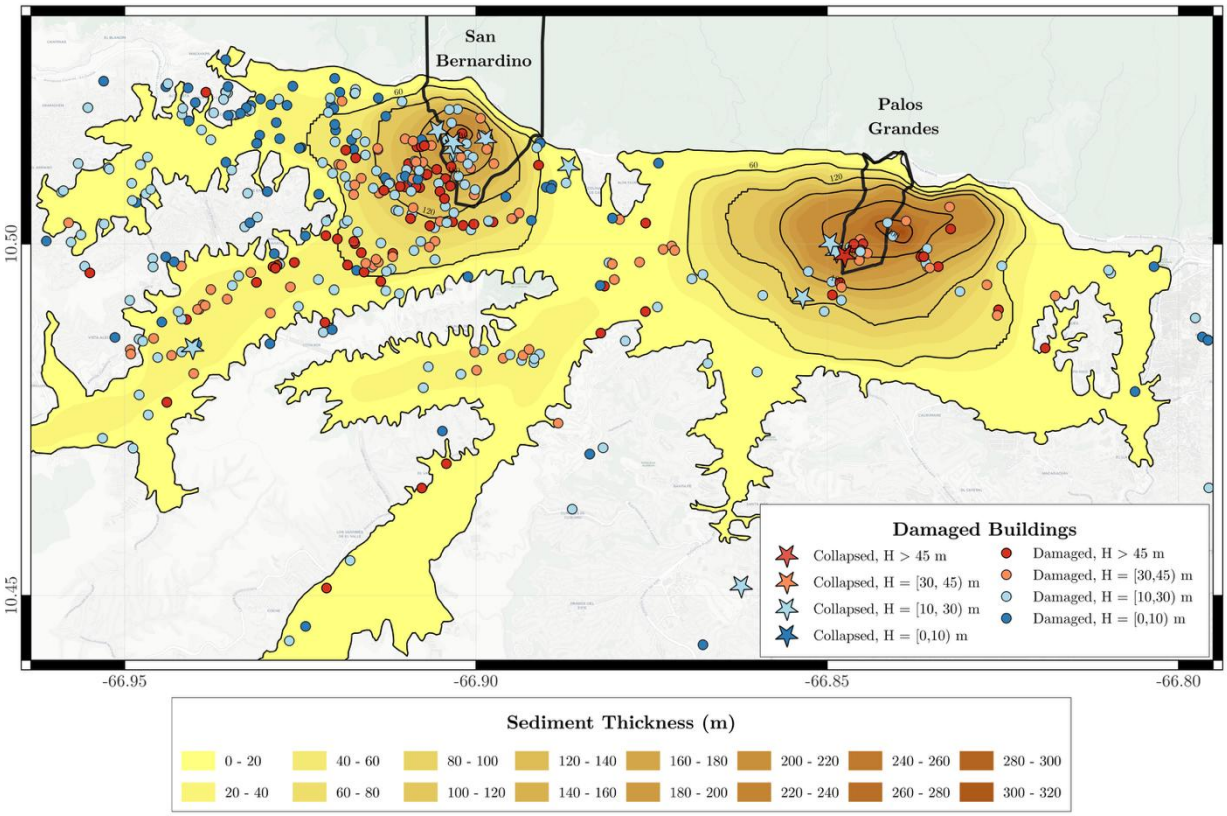


Figura 6-41. Mapa del espesor de los sedimentos (FUNVISIS, s.f.) y ubicación de los edificios dañados en Caracas.

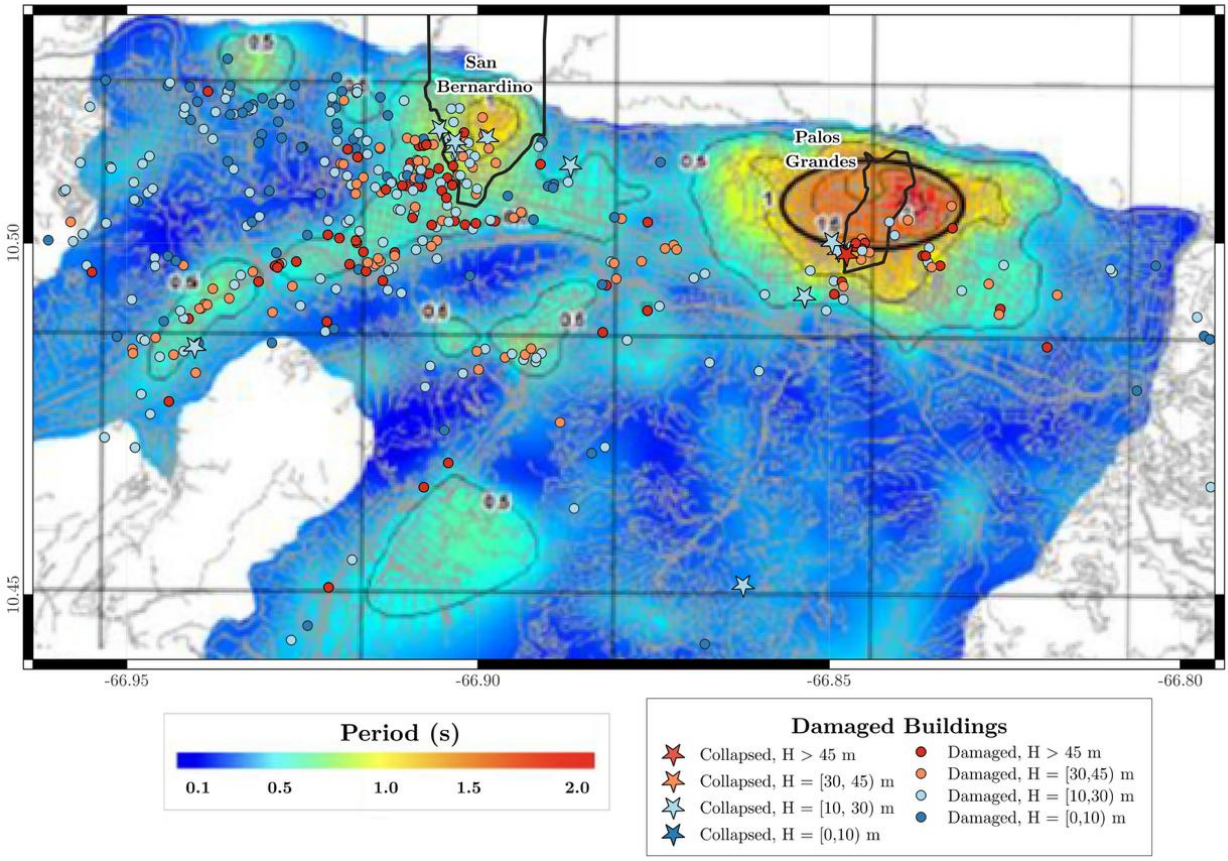


Figura 6-42. Mapa del período fundamental (Schmitz et al., 2020) y ubicación de los edificios dañados en Caracas. Se han detectado algunas dificultades al georreferenciar el mapa original del período fundamental, las cuales se están evaluando actualmente.

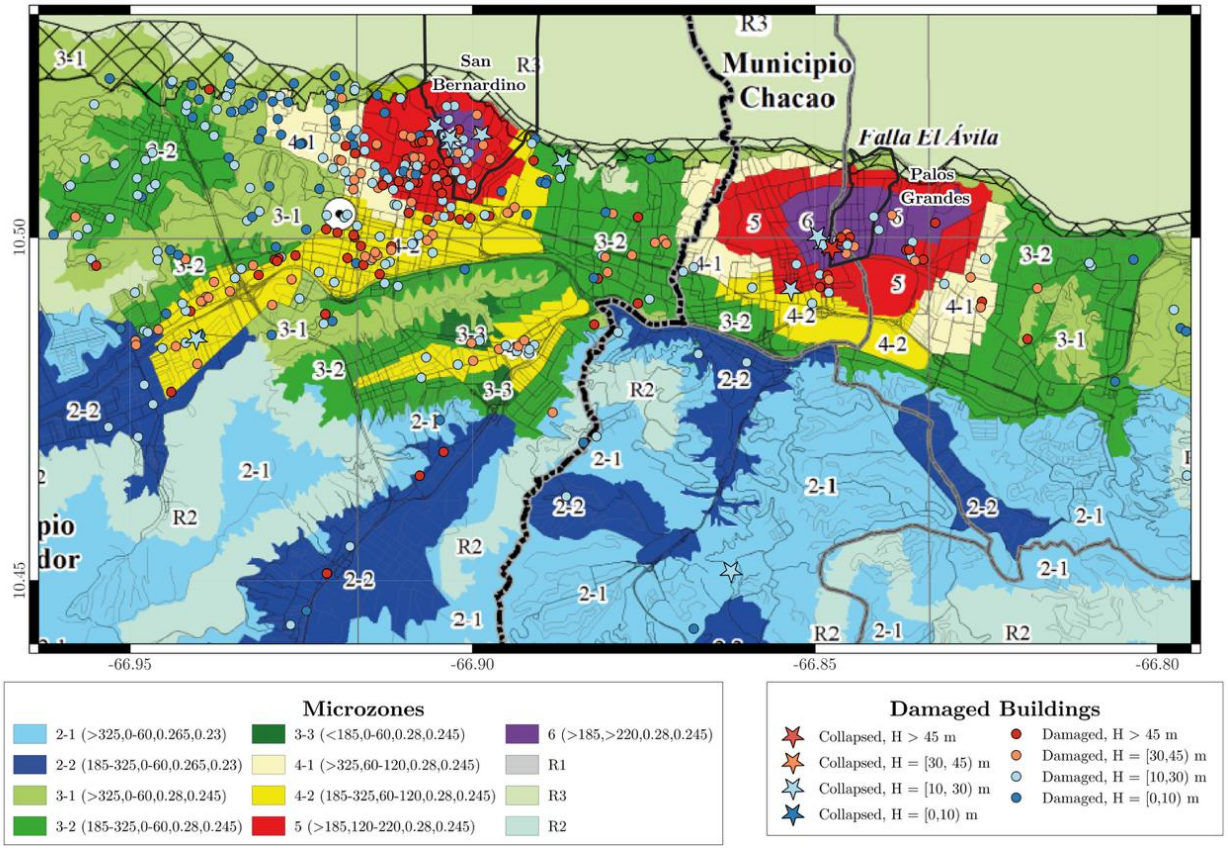


Figura 6-43. Microzonas y ubicación de edificios dañados en Caracas. Microzonas basadas en VS30, espesor de sedimento y PSA(g) para T = 0,01 y 1s en edificios estándar A0/A1 (FUNVISIS, s.f.).

6.7 Referencias

Abrahamson, N. A., Silva, W. J. y Kamai, R. (2014). Summary of the ASK14 ground motion relation for active crustal regions [Resumen de la relación de movimiento del terreno ASK14 para regiones corticales activas]. Espectros sísmicos, 30(3), 1025-1055.

Ancheta T. D., Darragh R. B., Stewart J. P., Seyhan E., Silva W. J., Chiou B. S.-J., Wooddell K. E., Graves R. W., Kottke A. R., Boore D. M., Kishida T. y Donahue J. L., 2013. Base de datos PEER NGA-West2, Informe PEER n.° 2013/03, Centro de Investigación de Ingeniería Sísmica del Pacífico, Universidad de California, Berkeley, CA, 134 págs.

Boore, D. M., Stewart, J. P., Seyhan, E., y Atkinson, G. M. (2014). NGA-West2 equations for predicting PGA, PGV, and 5% damped PSA for shallow crustal earthquakes [Ecuaciones NGA-West2 para la predicción de PGA, PGV y PSA con 5 % de amortiguamiento para terremotos corticales superficiales]. Espectros sísmicos, 30(3), 1057-1085

Campbell, KW y Bozorgnia, Y. (2014). NGA-West2 ground motion model for the average horizontal components of PGA, PGV, and 5% damped linear acceleration response spectra [Modelo de movimiento del terreno NGA-West2 para las componentes horizontales promedio de PGA, PGV y espectros de respuesta de aceleración lineal con 5 % de amortiguamiento]. Espectros sísmicos, 30(3), 1087-1115

Chiou, B. S. J., y Youngs, R. R. (2014). Update of the Chiou and Youngs NGA model for the average horizontal component of peak ground motion and response spectra [Actualización del modelo NGA de Chiou y Youngs para la componente horizontal promedio del movimiento pico del terreno y espectros de respuesta]. Espectros sísmicos, 30(3), 1117-1153

Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS) (2023). Atlas Sismológico de Venezuela. http://www.funvisis.gob.ve/atlas_sis.php.

Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS). Proyecto de Microzonificación en Caracas y Barquisimeto. http://www.funvisis.gob.ve/old/proy_mic_sismicaccsbqto.php. Consultado en julio de 2026.

García, L., Rondón, F., Crasto, N. y Schmitz, M. (2023). Microzonas sísmicas preliminares del Estado La Guaira, en base a evaluación de Vs30, estudios gravimétricos y espesor de sedimentos. En II Congreso Venezolano de Geociencias, Universidad Central de Venezuela, Caracas.

Gil, R. (2021). Mapa de clasificación de microzonas sísmicas, con base en las velocidades VS30, los espesores de sedimentos y el potencial de licuación en la ciudad de Valencia, estado Carabobo. Tesis de pregrado dirigida por el Prof. Michael Schmitz, Universidad Central de Venezuela. https://saber.ucv.ve/jspui/handle/10872/21847.

Heath, D. C., Wald, D. J., Worden, C. B., Thompson, E. M., y Smoczyk, G. M. (2020). A global hybrid VS 30 map with a topographic slope–based default and regional map insets [Mapa global híbrido de VS30 con un valor por defecto basado en la pendiente topográfica e inserciones de mapas regionales]. Earthquake Spectra, 36(3), 1570-1584.

Kawase, H. (1996). The cause of the damage belt in Kobe:“The basin-edge effect,” constructive interference of the direct S-wave with the basin-induced diffracted/Rayleigh waves [La causa del cinturón de daños en Kobe: "El efecto de borde de cuenca", interferencia constructiva de la onda S directa con las ondas difractadas/Rayleigh inducidas por la cuenca]. Seismological Research Letters, 67(5), 25-34.

López, N. (2021). Generación de mapas V_{S30} y microzonas sísmicas, mediante el análisis multicanal de ondas superficiales interferométrico (IMASW) y ensayos geotécnicos en Maracay, Estado Aragua. Tesis de pregrado dirigida por el Prof. Michael Schmitz, Universidad Central de Venezuela. https://saber.ucv.ve/jspui/handle/10872/21846.

Martínez, C. (2026). Conjunto de datos de daños en edificios de crisisvenezuela.org. Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.21154222.

Mijares, M., Schmitz, M., Sánchez-Rojas, J., & Rondón, F. (2021). Estudio del Parámetro V_{S30} Mediante el Análisis Multicanal de Ondas Superficiales en la Ciudad de Valencia, Edo. Carabobo. Revista De La Facultad De Ingeniería UCV, 36(1), 69–81. Recuperado de https://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_fiucv/article/view/32608

Pagani, M., Monelli, D., Weatherill, G., Danciu, L., Crowley, H., Silva, V. y Vigano, D. (2014). OpenQuake engine: An open hazard (and risk) software for the global earthquake model

[Motor OpenQuake: un software abierto de amenaza (y riesgo) para el modelo global de terremotos]. Seismological Research Letters, 85(3), 692-702.

Quitoriano, V., & Wald, D. J. (2020). USGS "Did You Feel It?"—Science and lessons from 20 years of citizen science-based macroseismology ["¿Lo sentiste?" del USGS: Ciencia y lecciones de 20 años de macroseismología basada en ciencia ciudadana]. Frontiers in Earth Science, 8, 120.

Rekoske, J. M., Thompson, E. M., Moschetti, M. P., Hearne, M. G., Aagaard, B. T., & Parker, G. A. (2020). The 2019 Ridgecrest, California, earthquake sequence ground motions: Processed records and derived intensity metrics [Movimientos del terreno de la secuencia sísmica de Ridgecrest, California, de 2019: registros procesados y métricas de intensidad derivadas]. Seismological Research Letters, 91(4), 2010-2023.

Rojas, Carlos (2008). Determinación de los periodos fundamentales del suelo en la ciudad de Maracay, Edo. Aragua. Tesis de licenciatura dirigida por el profesor Michael Schmitz, Universidad Central de Venezuela. https://saber.ucv.ve/jspui/handle/10872/15837.

Romero, M, Cragno, A, Schmitz, M y 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. Recuperado en 16 de julio de 2026, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0376-723X2006000100002&lng=es&tlng=es.

Schmitz, M., Hernández, J. J., Rocabado, V., Domínguez, J., Morales, C., Valleé, M., García, K., Sánchez-Rojas, J., Singer, A., Oropeza, J., Coronel D., G., & Flores, A. (2020). The Caracas, Venezuela, Seismic Microzoning Project: Methodology, results, and implementation for seismic risk reduction [Proyecto de Microzonificación Sísmica de Caracas, Venezuela: metodología, resultados e implementación para la reducción del riesgo sísmico]. Progress in Disaster Science, 5, 100060. https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2019.100060

Schmitz, M., Cano, V., López, O.A., Klarica, S., Pombo, A., Díaz, J.F., Heredia, J., Avendaño,

J., Morales, C., et al (2015). Estudios geofísicos en cuencas urbanas en Venezuela con fines de microzonificación sísmica. Boletín de Geología, 37 (1): 17-26.

http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=349633831002

Seed, H. B., Whitman, R. V., Dezfulian, H., Dobry, R., & Idriss, I. M. (1972). Soil Conditions and Building Damage in 1967 Caracas Earthquake [Condiciones del suelo y daños en edificaciones en el terremoto de Caracas de 1967]. 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). An efficient algorithm to identify strong-velocity pulses in multicomponent ground motions [Un algoritmo eficiente para identificar impulsos de alta velocidad en movimientos del terreno multicomponente]. *Bulletin of the Seismological Society of America*, *104*(5), 2456-2466.

Sirko, W., Brempong, EA, Marcos, JTC, Annkah, A., Korme, A. Hassen, MA, Sapkota, K. Shekel, T., Diack, A., Nevo, S., Hickey, J. y Quinn. J.A. (2023) High-Resolution Building and Road Detection from Sentinel-2. arXiv:2310.11622.

Somerville, P. G., Smith, N. F., Graves, R. W., y Abrahamson, N. A. (1997). Modification of empirical strong ground motion attenuation relations to include the amplitude and duration effects of rupture directivity [Modificación de relaciones empíricas de atenuación del movimiento fuerte del terreno para incluir los efectos de amplitud y duración de la directividad de la ruptura]. *Seismological research letters*, *68*(1), 199-222.

Thompson, E. M., Hearne, M., Aagaard, B. T., Rekoske, J. M., Worden, C. B., Moschetti, M. P., & Kottke, A. R. (2025). Automated, near real-time ground-motion processing at the US Geological Survey [Procesamiento automatizado del movimiento del terreno casi en tiempo real en el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS)]. Seismological Research Letters, 96(1), 538-553.

Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNDRR) y Consejo Internacional de la Ciencia (ISC). (2025). UNDRR–ISC Hazard Information Profiles – 2025 Update: TL0201 Building Collapse [Perfiles de información sobre peligros UNDRR–ISC – Actualización de 2025: Colapso de edificaciones TL0201] Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres; Consejo Internacional de la Ciencia. https://www.undrr.org/terms/hips/TL0201.

Worden, C. B., Gerstenberger, M. C., Rhoades, D. A., y Wald, D. J. (2012). Probabilistic relationships between ground-motion parameters and modified Mercalli intensity in California [Relaciones probabilísticas entre parámetros del movimiento del terreno y la intensidad de Mercalli modificada en California]. Bulletin of the Seismological Society of America, 102(1), 204-221

Worden, C.B., Thompson, E. M., Hearne, M., & Wald, D.J. (2020). ShakeMap Manual Online: technical manual, user's guide, and software guide [Manual en línea de ShakeMap: Manual técnico, guía del usuario y guía del software]. U.S. Geological Survey. https://ghsc.code-pages.usgs.gov/esi/shakemap/.

Delavaud, E., P. Cupillard, G. Festa, and J.-P. Vilotte. 2006. "3D Spectral Element Method Simulations of the Seismic Response in the Caracas Basin." [Simulaciones mediante el método de elementos espectrales 3D de la respuesta sísmica en la cuenca de Caracas] Tercer Simposio Internacional sobre los Efectos de la Geología Superficial en el Movimiento Sísmico, 512–22.

Delavaud, E., J. Vilotte, G. Festa y P. Cupillard. 2007. "3D Spectral Element Method Simulations of the Seismic Response of Caracas (Venezuela) Basin." Resúmenes de la Reunión de Otoño de la AGU 2007: S14C–06. https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2007AGUFM.S14C..06D.

Duval, A.-M., S. Vidal, J.-P. Méneroud, et al. 2001. "Caracas, Venezuela, Site Effect Determination with Microtremors." [Determinación de efectos de sitio mediante microtremores en Caracas, Venezuela] Pure and Applied Geophysics 158 (12): 2513–23. https://doi.org/10.1007/PL00001183.

Festa, G., E. Delavaud, and J.-P. Vilotte. 2005. “Interaction Between Surface Waves and Absorbing Boundaries for Wave Propagation in Geological Basins: 2D Numerical Simulations.” [Interacción entre ondas superficiales y fronteras absorbentes para la propagación de ondas en cuencas geológicas: simulaciones numéricas 2D] Geophysical Research Letters 32 (20): L20306. https://doi.org/10.1029/2005GL024091.

Genatios, Carlos, Marianela Lafuente, Alfredo Cilento, y José Grases. 2017. El terremoto de Caracas de 1967: 50 años después. Academia Nacional de Ingeniería y el Hábitat - CITECI.

Hernández, J. J., M. Schmitz, E. Delavaud, H. Cadet y J. Domínguez. 2011. “Espectros de Respuesta sísmica En Microzonas de Caracas Incluyendo Efectos de Sitio 1D, 2D y 3D.” Revista de La Facultad de Ingeniería 26 (2): 49–66.

Papageorgiou, A. S. y J. Kim. 1991a. “Study of the Propagation and Amplification of Seismic Waves in Caracas Valley with Reference to the 29 July 1967 Earthquake: SH Waves.” [Estudio de la propagación y amplificación de ondas sísmicas en el valle de Caracas con referencia al terremoto del 29 de julio de 1967: ondas SH]. Bulletin of the Seismological Society of America 81 (6): 2214–33. https://doi.org/10.1785/BSSA0810062214.

Papageorgiou, A. S. y J. Kim. 1991b. “Study of the Propagation and Amplification of Seismic Waves in Caracas Valley with Reference to the July 29, 1967 Earthquake Response.” [«Estudio de la propagación y amplificación de ondas sísmicas en el valle de Caracas con referencia a la respuesta al terremoto del 29 de julio de 1967] En Computational Stochastic Mechanics, editado por P. D. Spanos y C. A. Brebbia. Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-011-3692-1_54.

Papageorgiou, A. S. y J. Kim. 1993. “Propagation and Amplification of Seismic Waves in 2-d Valleys Excited by Obliquely Incident p- and SV-Waves.” [Propagación y amplificación de ondas sísmicas en vales bidimensionales excitados por ondas P y SV con incidencia oblicua]. Earthquake Engineering & Structural Dynamics 22 (2): 167–82. https://doi.org/10.1002/eqe.4290220206.

Semblat, J. F., A. M. Duval y P. Dangla. 2002. “Seismic Site Effects in a Deep Alluvial Basin: Numerical Analysis by the Boundary Element Method.” [Efectos de sitio sísmicos en una cuenca aluvial profunda: análisis numérico mediante el método de los elementos de frontera]. Computers and Geotechnics 29 (7): 573–85. https://doi.org/10.1016/S0266-352X(02)00017-4.

de la Torre, C. A., McGann, C. R., Bradley, B. A. y Hill, M. (2026). Quantifying Multidimensional Effects in Linear Site Response Using 1D and 2D Simulations of Sedimentary Basins in Wellington, New Zealand [Cuantificación de efectos multidimensionales en la respuesta de sitio lineal mediante simulaciones 1D y 2D de cuencas sedimentarias en Wellington, Nueva Zelanda]. Earthquake Spectra, 42(3), e70082.

7. EVIDENCIA REMOTA DE DEFORMACIÓN DEL TERRENO

Tabla 7-1. Autores principales de esta sección

Nombre	Afiliación
Patricia Varela	Geólogo sénior, Geosyntec Consultants, Inc.

7.1 Resumen

Tras los terremotos de junio de 2026, se han registrado deformaciones del terreno provocadas por el sismo en varias regiones del norte de Venezuela, incluyendo grietas, licuación, deslizamientos de tierra y daños a la infraestructura. Sin embargo, la mayor concentración de impactos reportados se produjo dentro del Área Metropolitana de Caracas y el estado vecino de La Guaira (anteriormente Vargas), donde la densidad de población, la exposición de la infraestructura y la gravedad de los efectos observados en el suelo fueron mayores. En consecuencia, la labor de reconocimiento remoto se centró en estas áreas, definiendo un área de interés que abarcaba las zonas más afectadas de Caracas y La Guaira. Este enfoque específico permitió realizar una revisión sistemática de las imágenes aéreas y satelitales posteriores al terremoto para identificar, cartografiar y clasificar los posibles rasgos de deformaciones del terreno inducidas por el sismo y respaldar las actividades posteriores de verificación sobre el terreno.

Se realizó una evaluación geomorfológica remota utilizando imágenes aéreas previas y posteriores al terremoto para identificar las características de deformación del terreno atribuibles a los terremotos de junio de 2026. El análisis consistió en comparaciones visuales sistemáticas entre imágenes previas y posteriores al evento para identificar cambios geomorfológicos que estaban ausentes en las condiciones previas al terremoto.

7.2 Inventario de deformaciones del terreno

Las características identificadas durante la revisión se recopilaron en un inventario geoespacial y se clasificaron según los criterios que se describen a continuación. Este conjunto de datos está disponible en DesignSafe.

- Ruptura del suelo
  - Fractura: Grietas en el suelo que no presentan desplazamiento visible ni evidencia de procesos relacionados con la licuación.
  - Falla: Grietas en el terreno que muestran un desplazamiento vertical u horizontal observable, indicativo de una ruptura de falla superficial.
- Licuación
  - Volcanes de arena: depósitos de arena circulares o irregulares, montículos o eyecciones comúnmente asociados con la liberación de sedimentos licuados, a menudo acompañados de evidencia de filtración.

- Grieta del terreno: Grietas del terreno asociadas con indicadores de licuación, como filtraciones, eyecciones o emanaciones de arena, sin evidencia visible de desplazamiento lateral del terreno.
- Asentamiento: Áreas que presentan asentamiento diferencial o descenso localizado de la superficie del terreno atribuible a la pérdida de resistencia del suelo inducida por la licuación.

- Deslizamientos de tierra
  - Deslizamientos traslacionales: movimientos de masas poco profundos que se identifican comúnmente por áreas alargadas alteradas y afloramientos de suelo fresco en pendientes que anteriormente estaban cubiertas de vegetación. Cuando se produjo un movimiento dentro de un deslizamiento de tierra preexistente, el inventario registra la geoforma como una reactivación.
  - Deslizamientos rotacionales: Deslizamientos que presentan características propias, como un escarpe de cabecera, un abultamiento al pie del deslizamiento, grietas de tensión, vegetación desplazada u otras evidencias de movimientos más profundos que se distinguen de los deslizamientos traslacionales superficiales.
  - Desprendimiento de rocas: Desprendimiento de material rocoso, que se identifica por cicatrices recientes o roca expuesta en pendientes pronunciadas o acantilados, acumulaciones de fragmentos de roca en la base de la pendiente y la consiguiente alteración de la vegetación.
  - Desprendimiento lateral del terreno inducido por la licuación, caracterizado por grietas paralelas en el terreno y rasgos de extensión.

La clasificación de la deformación del terreno asignada a cada elemento cartografiado se basó principalmente en la interpretación de imágenes posteriores al terremoto y, cuando fue posible, se corroboró mediante observaciones recopiladas por el equipo de reconocimiento de campo. Los conjuntos de datos de imágenes aéreas utilizados en esta evaluación procedían de Vantor[9], Planet[10] y Sentinel[11], y las superficies fotogramétricas 3D obtenidas con drones de SIGIS Venezuela[12] y Drone Pixel. En la Tabla 7-2 se resumen los detalles de los conjuntos de datos seleccionados, mientras que en los capítulos siguientes se ofrecen análisis más detallados de las evaluaciones realizadas para cada riesgo geológico (por ejemplo, ruptura de fallas superficiales, licuación, deslizamientos de tierra).

[9] Recuperado de https://radiantearth.github.io/stac-browser/#/external/vantor-opendata.s3.amazonaws.com/events/Venezuela-Earthquake-Jun-2026/collection.json
[10] Recuperado de https://www.planet.com/
[11] Obtenido de https://eos.com/blog/historical-satellite-images/
[12] Recuperado de https://www.sigis.com.ve/blog/fotogrametria-con-drones-diagnostico-y-prevencion-estructural-post-sismo

Tabla 7-2. Imágenes aéreas posteriores al terremoto

Imagen	Fecha de la imagen	Fecha de descarga	Resolución	Cobertura de nubes
B040001100075510 - Vantor WV03	26/6/2026	8/7/2026	0.3 m	16%
B140001100B5C710 - Vantor LG05	29/6/2026	8/7/2026		
B140001100B5C810 - Vantor LG05	29/6/2026	8/7/2026		
B15000110186C610 - Vantor LG05	27/6/2026	8/7/2026		
B1600011017A8610 - Vantor LG06	26/6/2026	8/7/2026		
123541_ssc5_u0001_visual - Planet	26/6/2026	2/7/2026	0.5 m	2%
150535_17_3010_visual - Planet	26/6/2026	2/7/2026		
112621_ssc2_u0001_visual - Planet	27/6/2026	2/7/2026		
112621_ssc2_u0002_visual - Planet	27/6/2026	2/7/2026		
145824_88_300d_visual - Planet	27/6/2026	2/7/2026		
Sentinel-2 L2A	7/7/2026	20/7/2026	10 m	24%
Soluciones Integrales GIS - SIGIS Venezuela, (dron)	25/06/2026 – 17/07/2026	26/7/2026	<0.3 m	0%
Drone Pixel	28/06/2026		<0.3 m	0%

La cobertura espacial de las imágenes utilizadas para desarrollar este inventario de deformaciones del terreno se muestra en la Figura 7-1. La cobertura nubosa combinada (intersección) para el área de interés es del 13%.

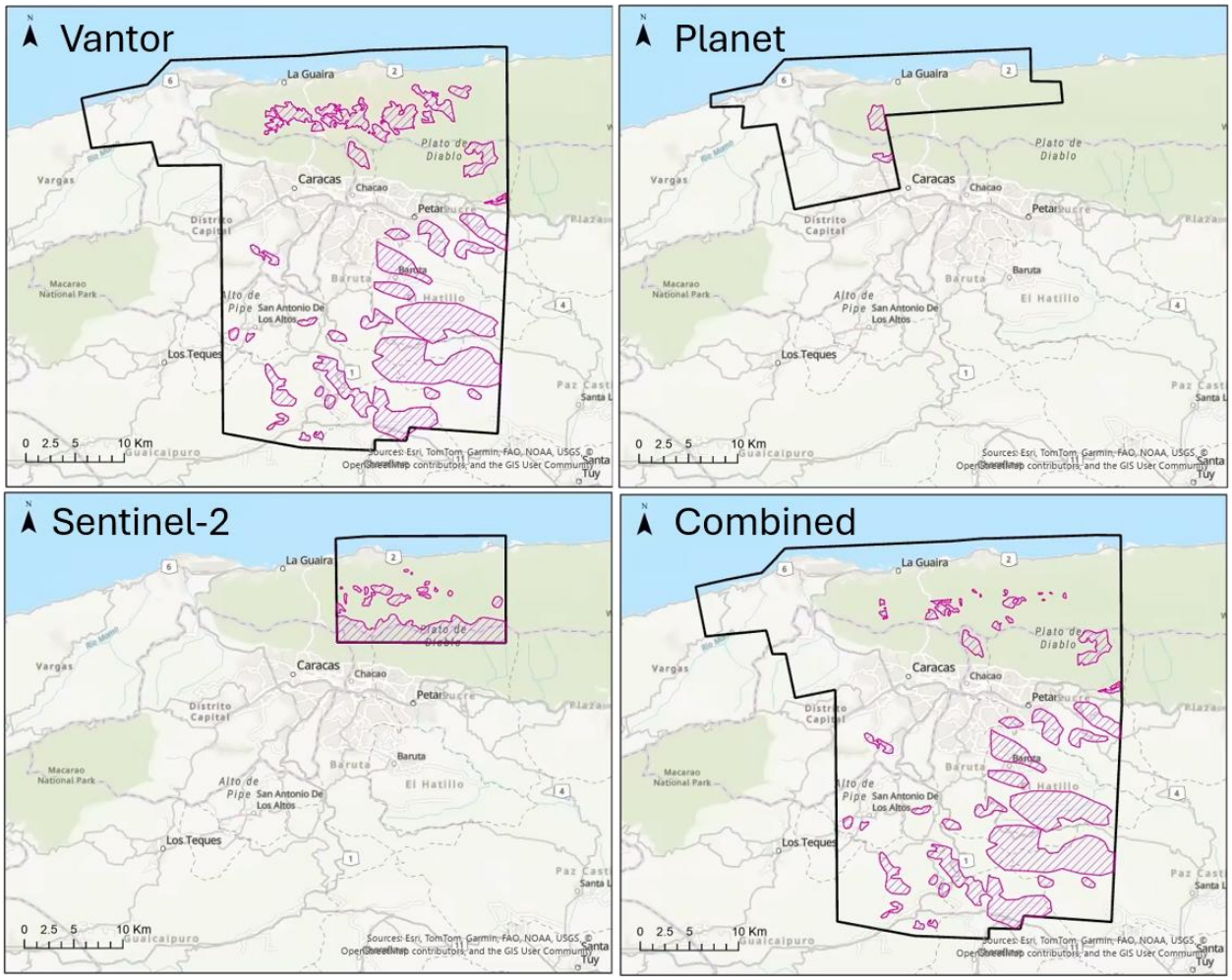


Figura 7-1. Imágenes aéreas posteriores al terremoto. Las zonas punteadas representan la nubosidad.

Además del tipo de deformación, a cada elemento cartografiado se le asignó un índice de confianza para documentar el nivel de certeza del analista con respecto a la interpretación. Los índices de confianza reflejan la calidad y la fecha de las imágenes disponibles, la singularidad de los indicadores geomorfológicos, la certeza de que elemento esté relacionado con los terremotos y la capacidad del analista para delimitar el perímetro de dicho elemento. Entre las fuentes de incertidumbre pueden figurar la nubosidad, la resolución de la imagen, los artefactos de ortorrectificación, las distorsiones topográficas en terrenos escarpados y las limitaciones en la disponibilidad de imágenes recientes anteriores al terremoto. La clasificación de confianza proporciona una medida cualitativa de la incertidumbre y ayuda a los usuarios del inventario a interpretar la confiabilidad de las observaciones individuales.

Se utilizaron las siguientes categorías de confianza:

- **Probable:** Un rasgo que presenta características que son altamente consistentes con deslizamientos de tierra, licuación o deformación por ruptura del suelo. El analista tiene un alto grado de confianza en la identificación de la característica, su asociación con el

terremoto y la delimitación de sus límites. Estas características son claramente distinguibles en las imágenes, se ven mínimamente afectadas por artefactos o distorsiones en la imagen y tienen pocas explicaciones alternativas plausibles.

- **Posible:** Un rasgo que muestra características consistentes con la deformación del terreno inducida por un terremoto y que se considera que es más probable que esté relacionado con el terremoto que no. Sin embargo, uno o más factores, como la nubosidad, la calidad de la imagen o la incertidumbre con respecto al delineamiento de los elementos, reducen la confianza del analista en comparación con una clasificación de "*Probable*".
- **Cuestionable**: una característica cuya interpretación es incierta porque la expresión geomorfológica observada puede tener explicaciones alternativas no relacionadas con el terremoto, porque los artefactos de la imagen o la nubosidad impiden una interpretación fiable, o porque las imágenes previas al terremoto más recientes disponibles son anteriores al 2026 y no permiten definir un corto rango de tiempo para asociar el elemento con los terremotos. Las características clasificadas de esta manera pueden representar deformaciones provocadas por terremotos; sin embargo, las imágenes disponibles son insuficientes para establecer con certeza su origen, mecanismo de deformación o fecha de ocurrencia.

Las interpretaciones derivadas de la evaluación de imágenes remotas están sujetas a varias limitaciones:

- La evaluación depende de la calidad, la resolución espacial, la geometría de visualización y la nubosidad de las imágenes disponibles. Por consiguiente, el inventario no debe considerarse una representación completa de toda la deformación del terreno provocada por el terremoto, y es posible que algunas características no se hayan detectado (falsos negativos).
- Los errores de ortorrectificación y las distorsiones de imagen, comunes en terrenos escarpados, pueden afectar la precisión posicional y la interpretación de los elementos cartografiados.
- El inventario se elaboró principalmente utilizando las imágenes de mayor resolución disponibles. En las zonas donde la nubosidad ocultaba la superficie del suelo, se utilizaron imágenes de menor resolución para complementar la evaluación, lo que pudo haber reducido la capacidad de identificar rasgos de deformaciones a menor escala.
- Debido a que no se disponía de imágenes obtenidas inmediatamente antes del terremoto para todas las ubicaciones, algunas características cartografiadas pueden haber existido antes del evento y no ser directamente atribuibles a la deformación del terreno relacionada con el terremoto. En consecuencia, el inventario puede contener falsos positivos en los que características geomorfológicas preexistentes, grietas en el suelo, deslizamientos de tierra u otras perturbaciones se interpretaron como características inducidas por terremotos basándose en las imágenes disponibles.

- Para tener en cuenta las diferentes fuentes de incertidumbre, las características identificadas en áreas donde las imágenes previas al terremoto más recientes eran anteriores a 2026 se designaron como cuestionables, lo que indica que no se podía determinar con certeza el momento de la formación de dichas geoformas y que no se podía confirmar un origen relacionado con el terremoto únicamente a partir de las imágenes disponibles o la expresión geomorfológica.
- Las clasificaciones de los rasgos se basaron en la interpretación visual remota y, salvo en los casos en que se dispuso de verificación sobre el terreno, siguen siendo de carácter interpretativo. A medida que se disponga de observaciones de campo adicionales o imágenes de mayor resolución, las características y clasificaciones cartografiadas podrán revisarse.
- Este inventario representa una interpretación preliminar de los impactos geomorfológicos inducidos por el terremoto, basada en los conjuntos de datos de imágenes disponibles en el momento de la evaluación.

La Figura 7-2 resalta una clara separación geomorfológica entre los procesos de falla del terreno cartografiados. Los deslizamientos de tierra se concentran a lo largo de la escarpada ladera de la montaña, por encima de las zonas urbanizadas, mientras que los elementos relacionados con la licuación se distribuyen predominantemente a lo largo de los conos de abanico, las crestas de playa, los rellenos costeros y los depósitos de desembocaduras de ríos a lo largo de la llanura costera. Las características de ruptura del terreno se ubican principalmente a lo largo o inmediatamente adyacentes a rupturas de fallas conocidas o inferidas, identificadas a partir de conjuntos de datos geológicos y geodésicos. La limitada superposición espacial entre estas clases de características es coherente con sus controles geomorfológicos y tectónicos previstos, lo que proporciona una línea de evidencia indirecta que respalda las interpretaciones de la teledetección.

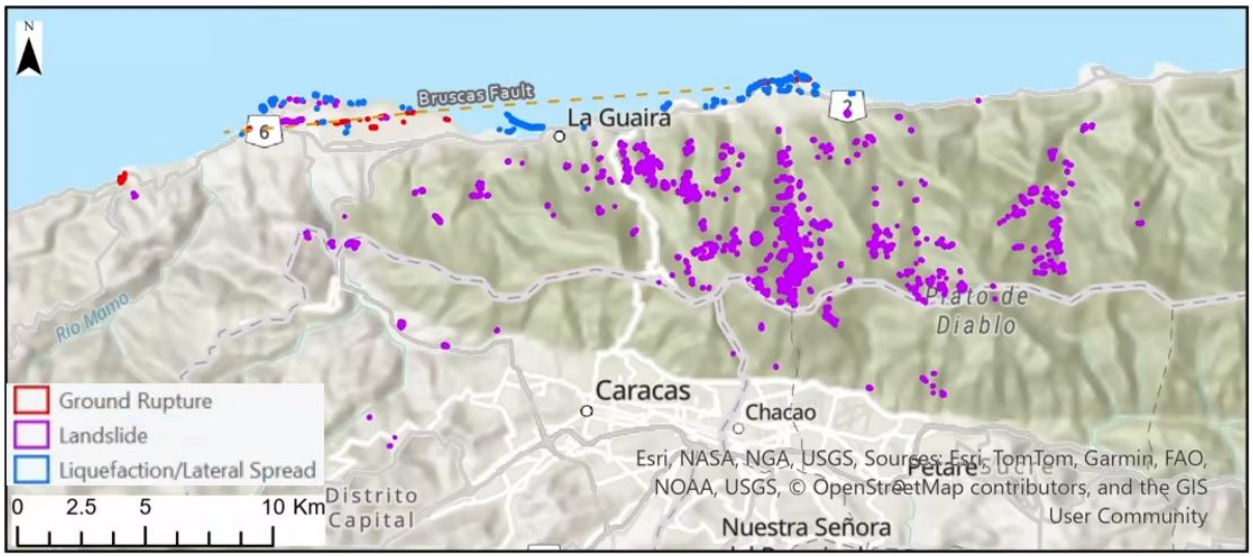


Figura 7-2. Partición geomorfológica de la deformación del terreno cartografiada a lo largo del corredor de La Guaira. Falla de Bruscas digitalizada a partir de Weisbord (1957).

Los resultados de estas observaciones, otras fuentes de datos disponibles públicamente y los hallazgos de los equipos de campo de GEER y los colaboradores locales se analizan con más detalle en los tres capítulos siguientes:

- Capítulo 8, Ruptura de la superficie del terreno a lo largo de la falla
- Capítulo 9, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**
- Capítulo 10, Estabilidad sísmica de taludes y peligros compuestos

7.3 Referencias

Weisbord, N.E., 1957, Notes on the Cabo Blanco Area, Venezuela [Notas sobre el área de Cabo Blanco, Venezuela]. Bulletins of American Paleontology, v. 38, no. 165, p. 1–51.

8. RUPTURA DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO A LO LARGO DE LA FALLA

Tabla 8-1. Autores principales de esta sección

Nombre	Afiliación
Patricia Varela	Geólogo sénior, Geosyntec Consultants, Inc.
Juan F. Perri	Ingeniero principal en Exponent, EE. UU.
Francisco Pinto	Profesor asistente, Universidad de Chile
William Zakka	Investigador de posgrado en la Universidad de California, Berkeley, EE. UU.

8.1 Desplazamiento regional

La ruptura de la superficie terrestre asociada a los terremotos de Venezuela de 2026 se evaluó utilizando productos de desplazamiento regionales y locales derivados de análisis de teledetección antes y después del 24 de junio de 2026. Los productos regionales de desplazamiento en línea de visión publicados por la Agencia Espacial Europea (ESA) y la NASA muestran un patrón consistente de movimiento dextral relativo de la Placa del Caribe con respecto a la Placa Sudamericana. Estos se muestran en las Figura 8-1 y Figura 8-2, donde las áreas indicadas en rojo muestran un desplazamiento creciente alejándose del satélite o hacia el este, mientras que las áreas mostradas en azul indican un desplazamiento creciente hacia el satélite o hacia el oeste. El patrón de desplazamiento es ampliamente consistente con el movimiento lateral dextral a lo largo de las zonas de falla de Boconó y San Sebastián, como también se representa en el modelo de falla finita del USGS y los contornos de aceleración máxima del suelo (PGA) que se muestran en la Figura 8-3.

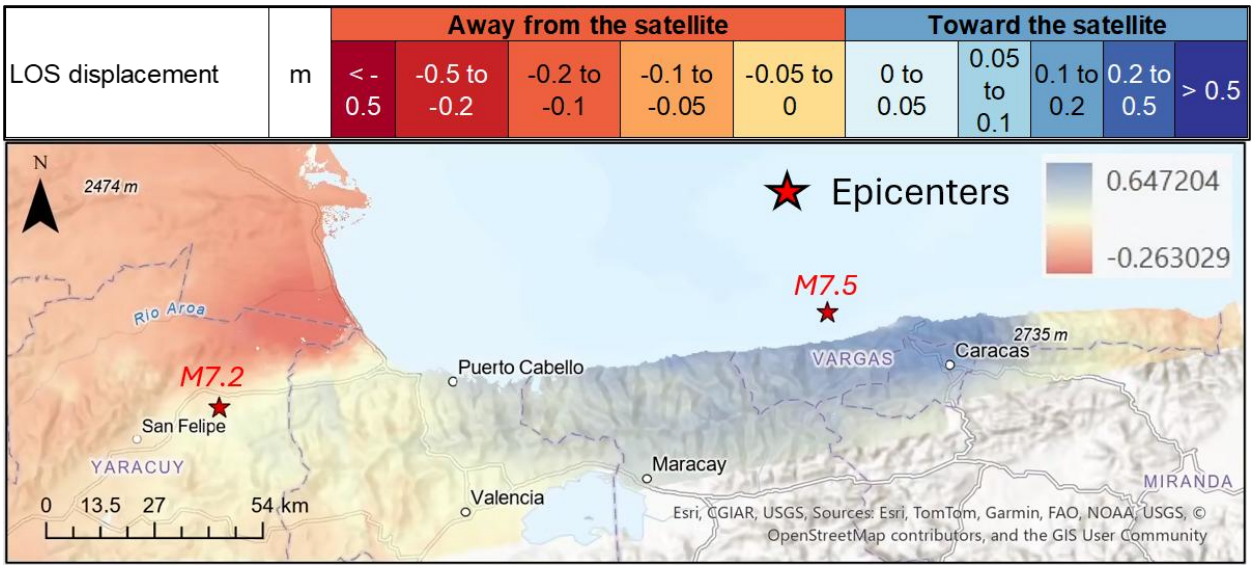


Figura 8-1. ESA – Desplazamiento de la línea de visión (LOS) de Copernicus. Fuente: https://mapping.emergency.copernicus.eu/activations/EMSR884/download

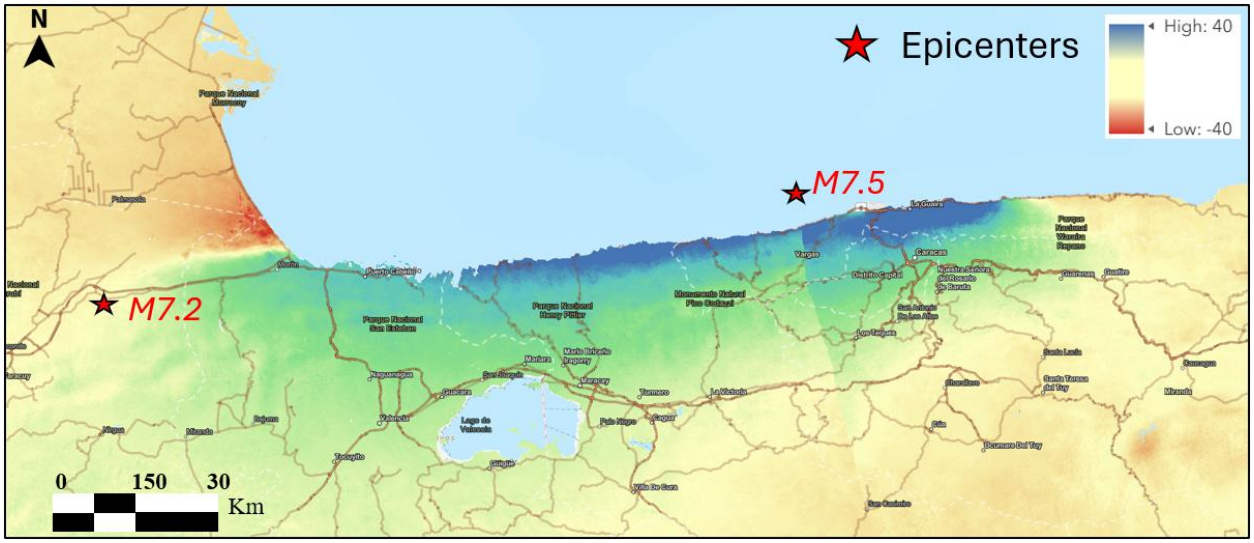


Figura 8-2. Mapa de desplazamiento de superficie de la NASA (NISAR) en línea de visión (LOS): trayectorias ascendentes entre el 13 de junio de 2026 y el 25 de junio de 2026 (A162) y entre el 19 de junio de 2026 y el 30 de junio de 2026 (A61). Desplazamiento de la LOS en cm. Fuente: https://gis.earthdata.nasa.gov/portal/home/item.html?id=9244f7b07fa64d45ae7cb66c34d1696a

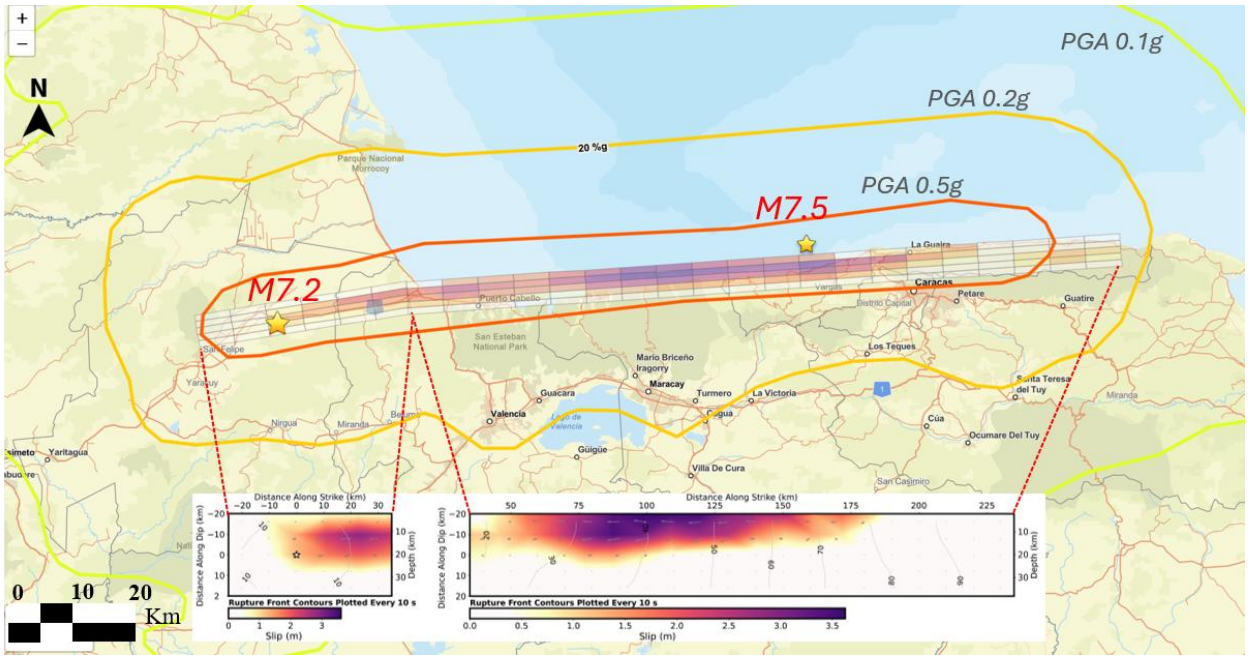


Figura 8-3. Curvas de nivel de PGA del USGS y modelo de falla finita. Fuente: https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us6000t7zp/finite-fault

Un artículo geodésico de Suárez Acosta y Arenas Bermúdez (SIGGMA 2026) presenta una caracterización preliminar del desplazamiento de la superficie asociado a los terremotos, utilizando pares interferométricos de Sentinel-1 y observaciones de la estación GNSS CCS1 ubicada en la Universidad Central de Venezuela, en Caracas. El estudio también reporta una deformación cosísmica predominantemente hacia el oeste, incluido un movimiento regional hacia el oeste de aproximadamente 48,2 cm, y señala que los resultados son preliminares y requieren una mayor validación.

La solución de falla finita del USGS para el sismo principal de magnitud 7.5 indica una ruptura del orden de 230 km por 40 km que se propaga hacia el este a lo largo del sistema de fallas de San Sebastián hacia La Guaira. Por lo tanto, los segmentos de ruptura orientales pasan cerca del corredor costero de La Guaira, y la distancia epicentral sobreestima sustancialmente una corta distancia entre la fuente y el sitio. El corredor de La Guaira debe ser tratado como un sitio cercano a la fuente de una gran ruptura de deslizamiento horizontal, con la posibilidad de directividad y movimientos tipo pulso, en vez de un sitio de campo lejano. La larga duración efectiva del doblete —el segundo evento llega 30 s después del primero, antes de que el primero se haya desvanecido— y la amplificación dentro de la cuenca sedimentaria de 180 a 450 m de profundidad, con períodos de sitio de 0.9 a 1.8 s, contribuyen a las características de la demanda cercana a la fuente. Separar estas contribuciones es una de las preguntas de investigación que este evento está bien posicionado para responder (Sección 9.8), y requiere la recuperación de registros instrumentales o estimaciones defendibles de la demanda macrosísmica para el corredor, que no estaban disponibles en el momento de redactar este documento.

8.2 Evidencia local de ruptura de la superficie del suelo

El desplazamiento cosísmico reportado por SIGGMA (2026) en la estación GNSS CCS1 en Caracas es de 46,3 cm hacia el oeste, 0,7 cm hacia el sur y 3 cm hacia arriba. También realizaron evaluaciones de desplazamiento cosísmico horizontal y vertical en diferentes puntos de interés, centrándose en carreteras, puentes, puertos, entre otros, y sus resultados se muestran en la Figura 8-4.

La ruptura superficial que se muestra en la Figura 8-11 fue verificada sobre el terreno por miembros del equipo de campo de GEER que visitaron el aeropuerto de Maiquetía. Nuestros equipos no han detectado otras rupturas superficiales en el terreno. Por lo tanto, en este capítulo se incluyen algunas características en las que expresamos nuestra incertidumbre con respecto a su asociación con la ruptura de la superficie.

POI	Location	Latitude (°)	Longitude (°)	dE (m)	dN (m)	dHz (m)	dU (m)
1	La Guaira	10.597206	-66.949455	-0.522	-0.010	0.522	0.048
2	Viaducto	10.552712	-67.004989	-0.521	-0.009	0.521	0.041
3	Boqueron I	10.562095	-67.005548	-0.519	-0.009	0.519	0.041
4	Autopista CCS-LGUA	10.530009	-66.984593	-0.511	-0.010	0.511	0.048
5	Boqueron II	10.577641	-66.997334	-0.509	-0.009	0.509	0.039
6	Maiquetia	10.609431	-66.989716	-0.496	-0.010	0.496	0.047
7	Hotel-Humboldt	10.542022	-66.875457	-0.493	-0.010	0.493	0.049
8	Catia La Mar	10.585405	-67.080461	-0.488	-0.007	0.488	0.033
9	Caraballeda	10.619381	-66.850572	-0.487	-0.008	0.487	0.037
10	Distribuidor CCS_LGUA	10.491893	-66.932974	-0.485	-0.009	0.485	0.045
11	Colonia Tovar	10.409658	-67.288541	-0.479	-0.006	0.479	0.024
12	Naiguata	10.623674	-66.743285	-0.471	-0.007	0.471	0.032
13	**GNSS_INTU**	10.479144	-66.858518	-0.467	-0.009	0.467	0.042
14	Caracas Este	10.497449	-66.787497	-0.466	-0.008	0.466	0.037
15	Puerto Cabello	10.477730	-68.073222	-0.466	-0.005	0.466	0.023
16	Moron	10.490109	-68.179928	-0.458	-0.005	0.458	0.018
17	Guarenas	10.488645	-66.631601	-0.452	-0.008	0.453	0.039
18	Maracay	10.249560	-67.649737	-0.452	-0.008	0.452	0.038
19	Los Teques	10.355142	-67.038055	-0.451	-0.008	0.451	0.039
20	Valencia	10.175046	-67.980014	-0.432	-0.006	0.432	0.029

Figura 8-4. Desplazamiento en puntos de interés modelado por SIGGMA. Fuente: Preliminary GNSS+DInSAR Evidence of Coseismic Deformation in Venezuela Associated with the June 24, 2026 Earthquakes - SIGGMA

Los campos de desplazamiento adicionales publicados a través del catálogo ScienceBase del USGS proporcionan modelos más detallados para las zonas costeras donde se concentraron los daños. Estos productos, derivados de la correlación de subpíxeles de imágenes ópticas de Vantor, descomponen el desplazamiento de la superficie en componentes norte-sur y este-oeste para áreas

seleccionadas a lo largo de la costa. Los valores positivos corresponden a un desplazamiento hacia el norte y hacia el este, mientras que los valores negativos corresponden a un desplazamiento hacia el sur y hacia el oeste en las Figura 8-5 a Figura 8-8. En todas las áreas evaluadas, la componente este-oeste parece más pronunciada que la componente norte-sur, lo cual concuerda con el desplazamiento predominantemente lateral que se espera del movimiento de falla de deslizamiento horizontal de este sistema de fallas. Este patrón es especialmente evidente en Catia La Mar, el aeropuerto de Maiquetía y Caraballeda. El marcado contraste de la transición entre el desplazamiento este-oeste azul y rojo que se observa en los conjuntos de datos de Catia La Mar y del aeropuerto de Maiquetía indica que es probable que la falla sea relativamente superficial en esta área.

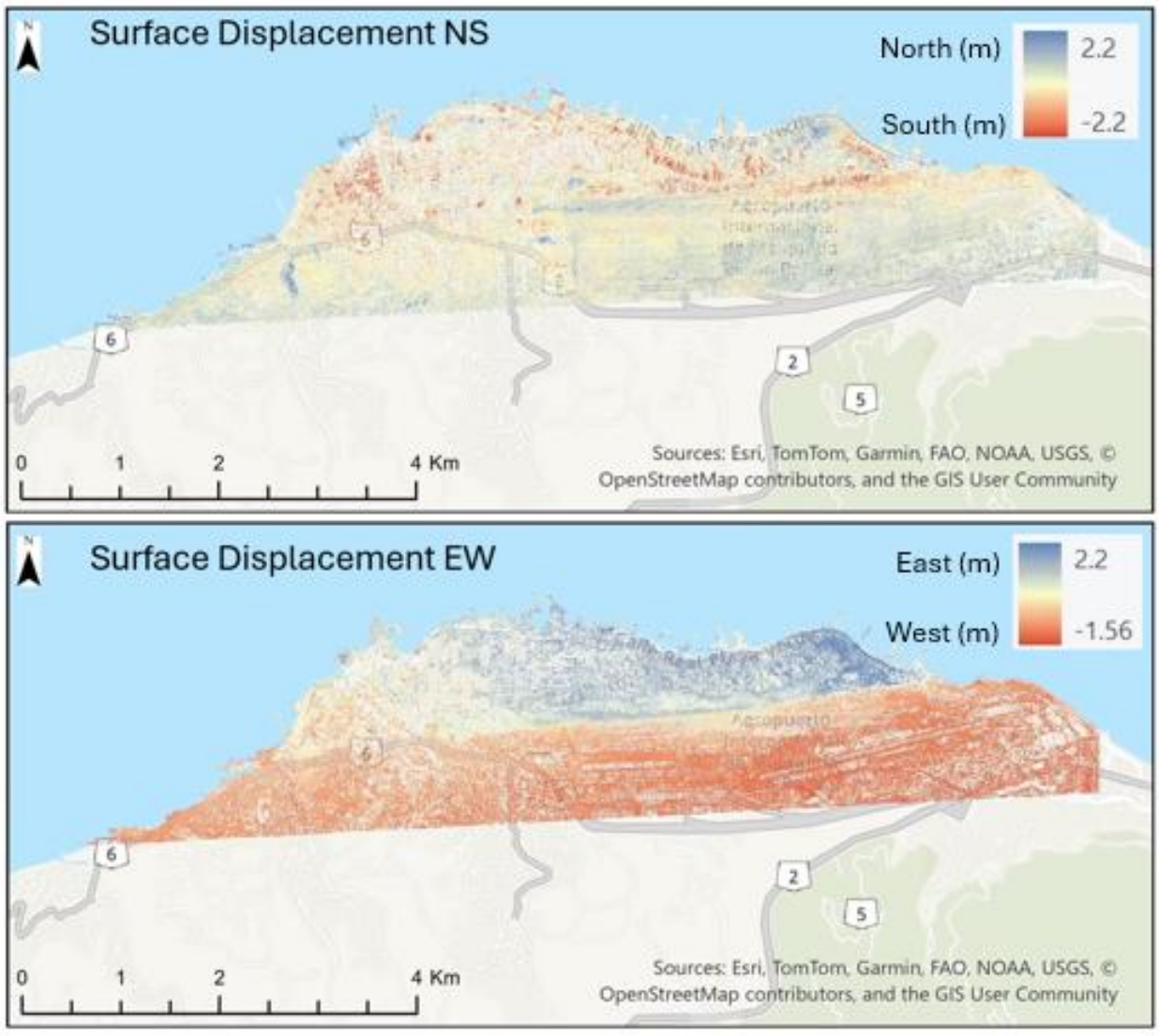


Figura 8-5. Campos de desplazamiento superficial de Catia La Mar, descompuestos en componentes norte-sur (azul y rojo, respectivamente) y este-oeste (azul y rojo, respectivamente), comparando imágenes satelitales ópticas entre el 5 de abril de 2026 y el 26 de junio de 2026. Fuente: https://www.sciencebase.gov/catalog/item/6a4402c81ba49b97f88a8889

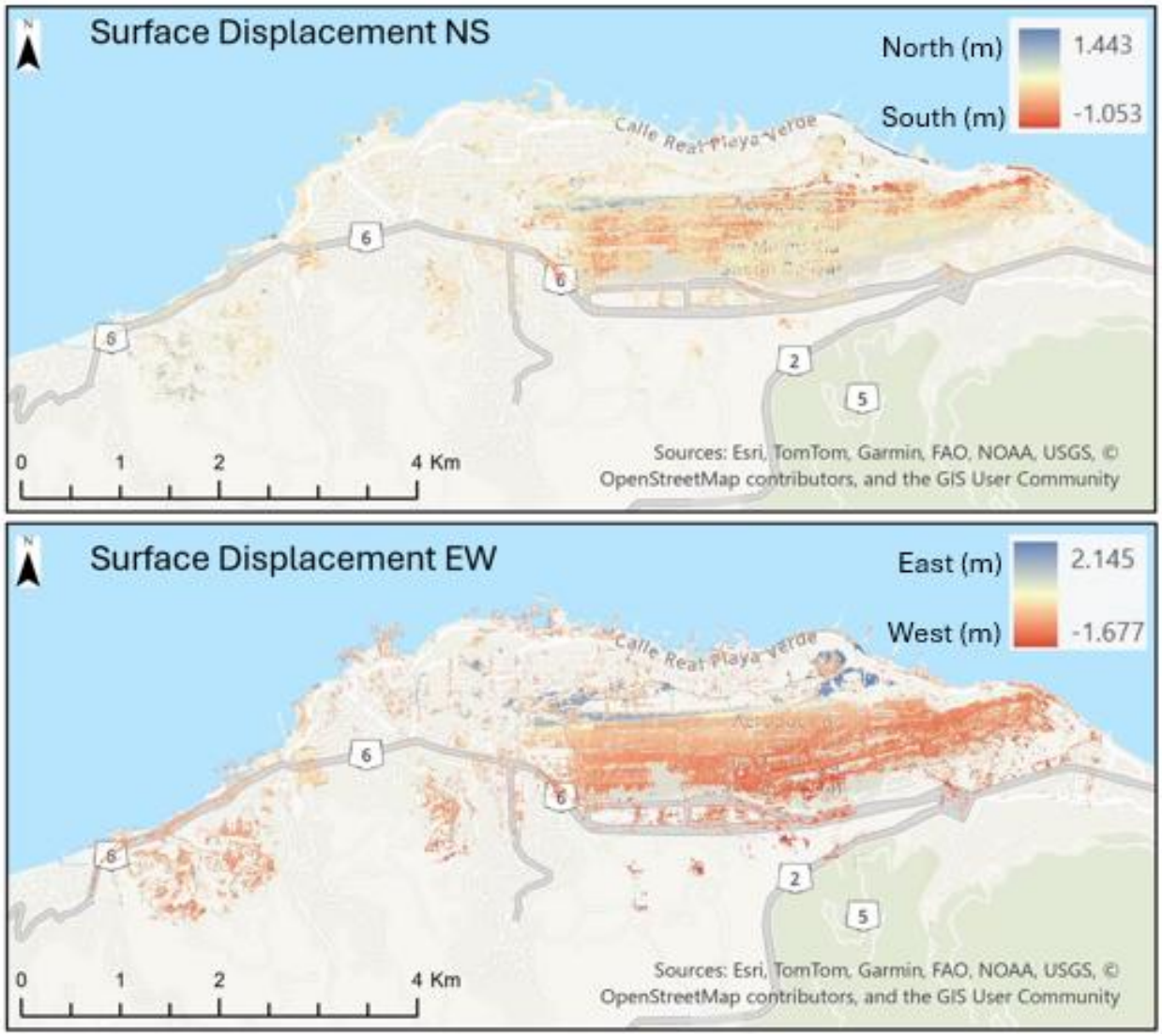


Figura 8 -6. Campos de desplazamiento de la superficie del aeropuerto de Maiquetía, descompuestos en componentes norte-sur y este-oeste, comparando imágenes satelitales ópticas entre el 5 de abril de 2026 y el 26 de junio de 2026. Fuente: https://www.sciencebase.gov/catalog/item/6a4402c81ba49b97f88a8889

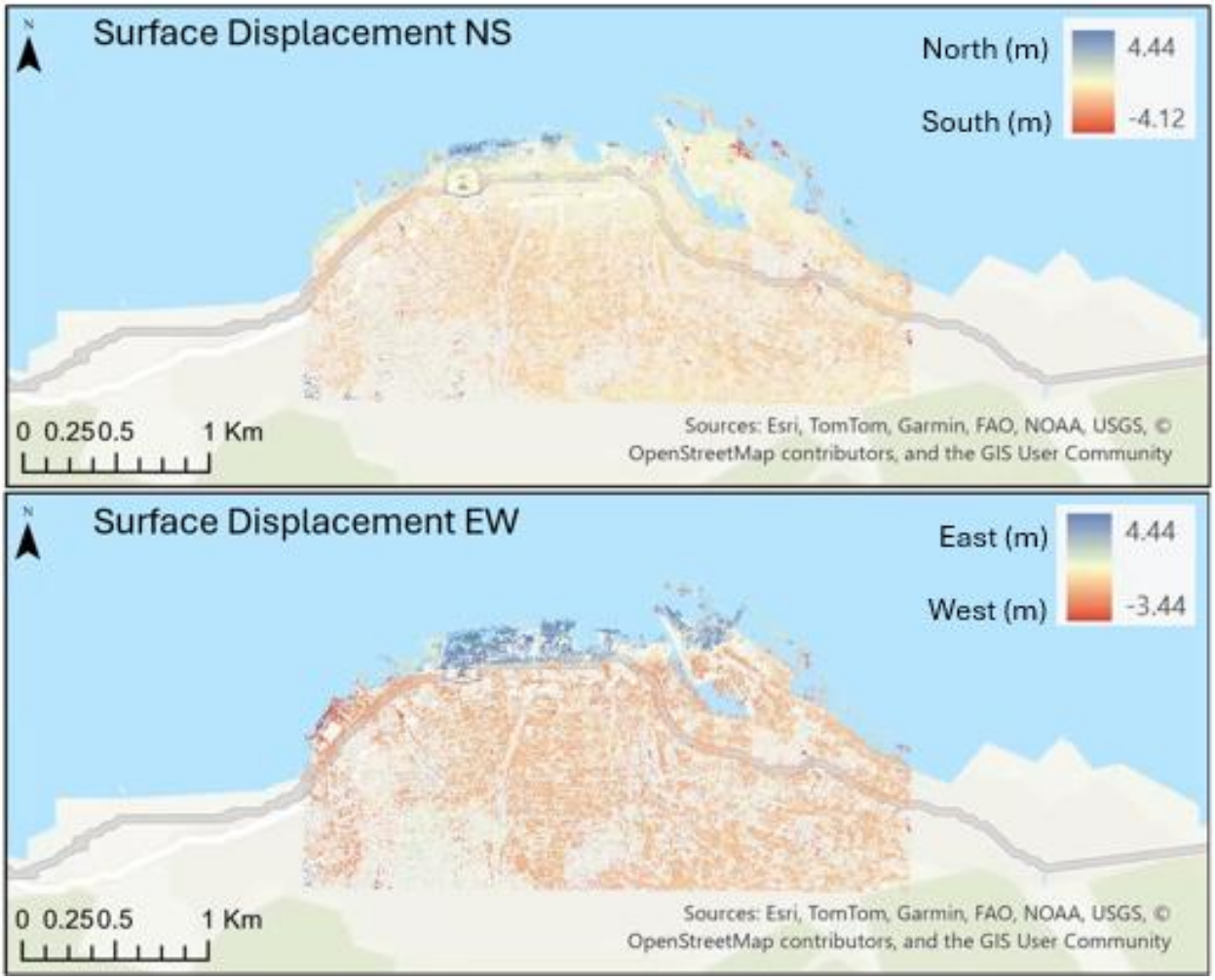


Figura 8-7. Campos de desplazamiento superficial de Caraballeda, descompuestos en componentes norte-sur y este-oeste, comparando imágenes satelitales ópticas entre el 5 de abril de 2026 y el 26 de junio de 2026. Fuente: https://www.sciencebase.gov/catalog/item/6a4402c81ba49b97f88a8889

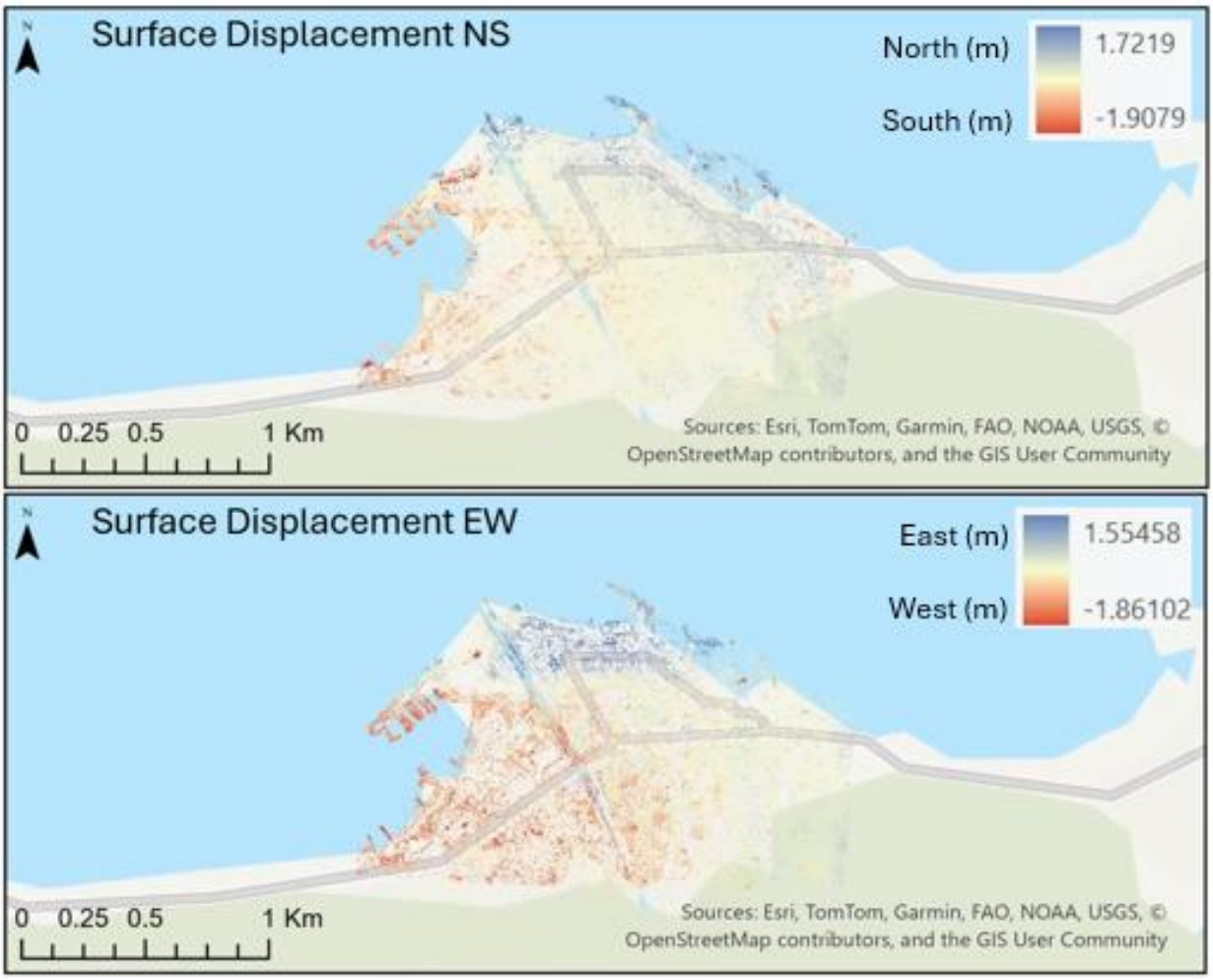


Figura 8-8. Campos de desplazamiento superficial de Naiguatá, descompuestos en componentes norte-sur y este-oeste, comparando imágenes satelitales ópticas entre el 5 de abril de 2026 y el 26 de junio de 2026. Fuente: https://www.sciencebase.gov/catalog/item/6a4402c81ba49b97f88a8889

Estos productos geodésicos y de teledetección indican un desplazamiento cosísmico del orden de decenas de centímetros en la región Caracas-La Guaira, incluyendo hasta aproximadamente 60 cm de desplazamiento superficial hacia el oeste según el InSAR NISAR de la NASA cerca del aeropuerto de Maiquetía, aproximadamente 30 cm de desplazamiento en la línea de visión de Sentinel-1 reportado por la ESA, y aproximadamente 48 cm de desplazamiento hacia el oeste en Caracas con un levantamiento de 3 a 5 cm según una evaluación preliminar GNSS-DInSAR; estos valores deben tratarse como preliminares y distinguirse del deslizamiento de falla finita modelado, para el cual EERI VERT reporta un deslizamiento máximo de 2,0 m basado en el producto de falla finita del USGS.

Como parte del inventario de deformaciones del terreno, el equipo remoto de GEER identificó veintiún características de deformación del terreno, lineales o semilineales (fallas o fracturas), que pueden o no estar asociadas con la ruptura cosísmica de la superficie terrestre. Estas características

se catalogaron como cuestionables porque no se han verificado completamente mediante observaciones de campo, o porque la información de campo disponible no se puede divulgar abiertamente, particularmente en áreas con alta sensibilidad de seguridad como el aeropuerto de Maiquetía. Sin embargo, la deformación cartografiada cerca de este aeropuerto es notable porque la falla de Bruscas ya había sido documentada cruzando cerca del área de la pista del aeropuerto (por ejemplo, Weisbord, 1957). La proximidad espacial de estas características al trazado de la falla de Bruscas, su proximidad a los cambios de desplazamiento superficial del USGS entre rojo y azul (véase la Figura 8-9), junto con la orientación aparente de la deformación paralela a la alineación de la falla, sugieren que estas características cartografiadas podrían estar relacionadas con el desplazamiento de la falla. Esta interpretación debe considerarse preliminar hasta que pueda ser confirmada mediante observaciones de campo por un geólogo cualificado y conciliada con las observaciones terrestres específicas del lugar.

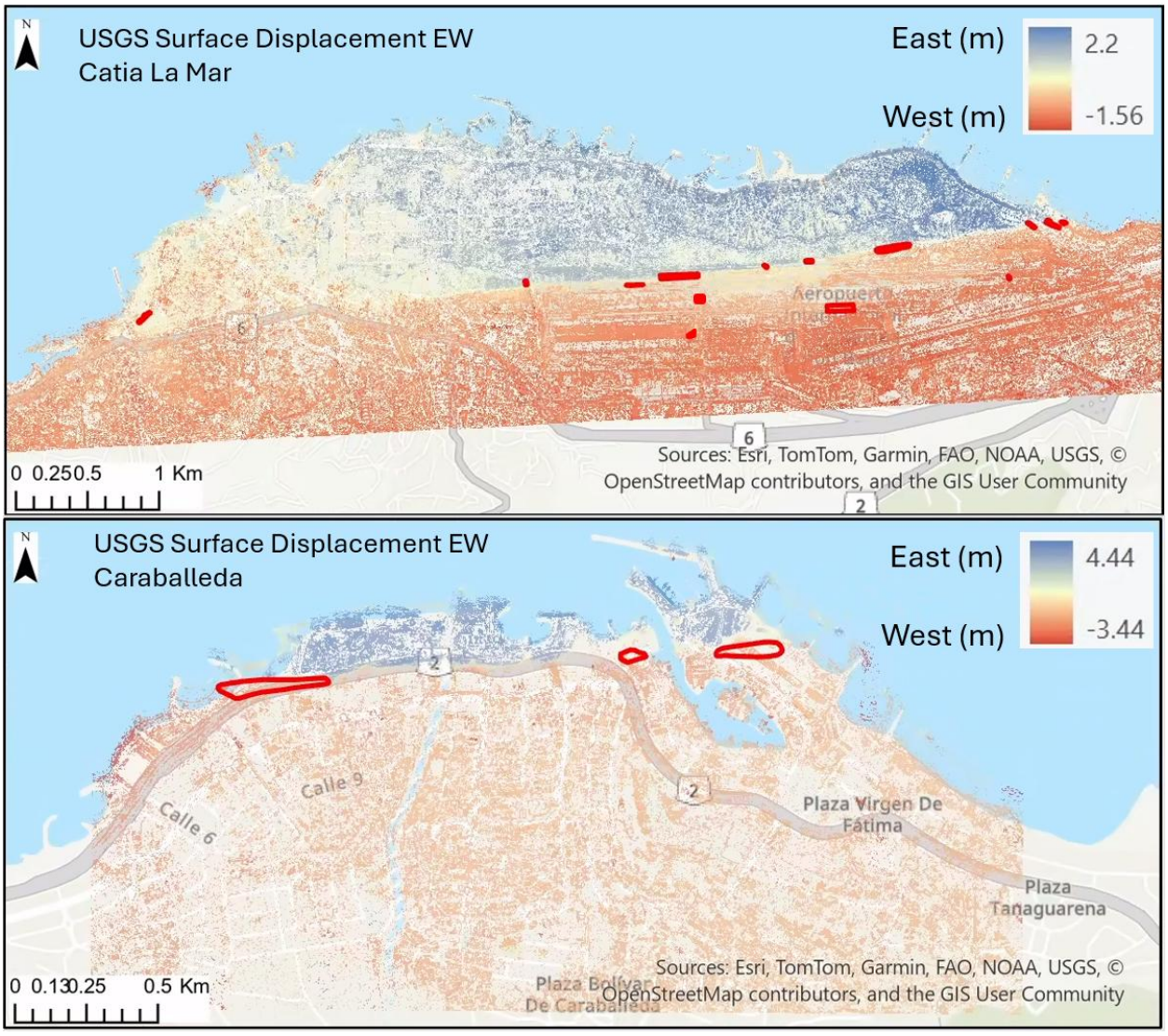


Figura 8-9. Campos de desplazamiento superficial este-oeste del USGS de Catia La Mar (arriba) y Caraballeda (abajo), con características de ruptura del terreno superpuestas (en rojo).

Para ilustrar las observaciones hechas a partir de la evaluación remota, las Figura 8 -10 a la Figura 8-19 ofrecen evidencia fotográfica proporcionada por las fuentes enumeradas en la Tabla 7-2. En cada pie de foto se indican la ubicación y la fecha de los vuelos de los drones.

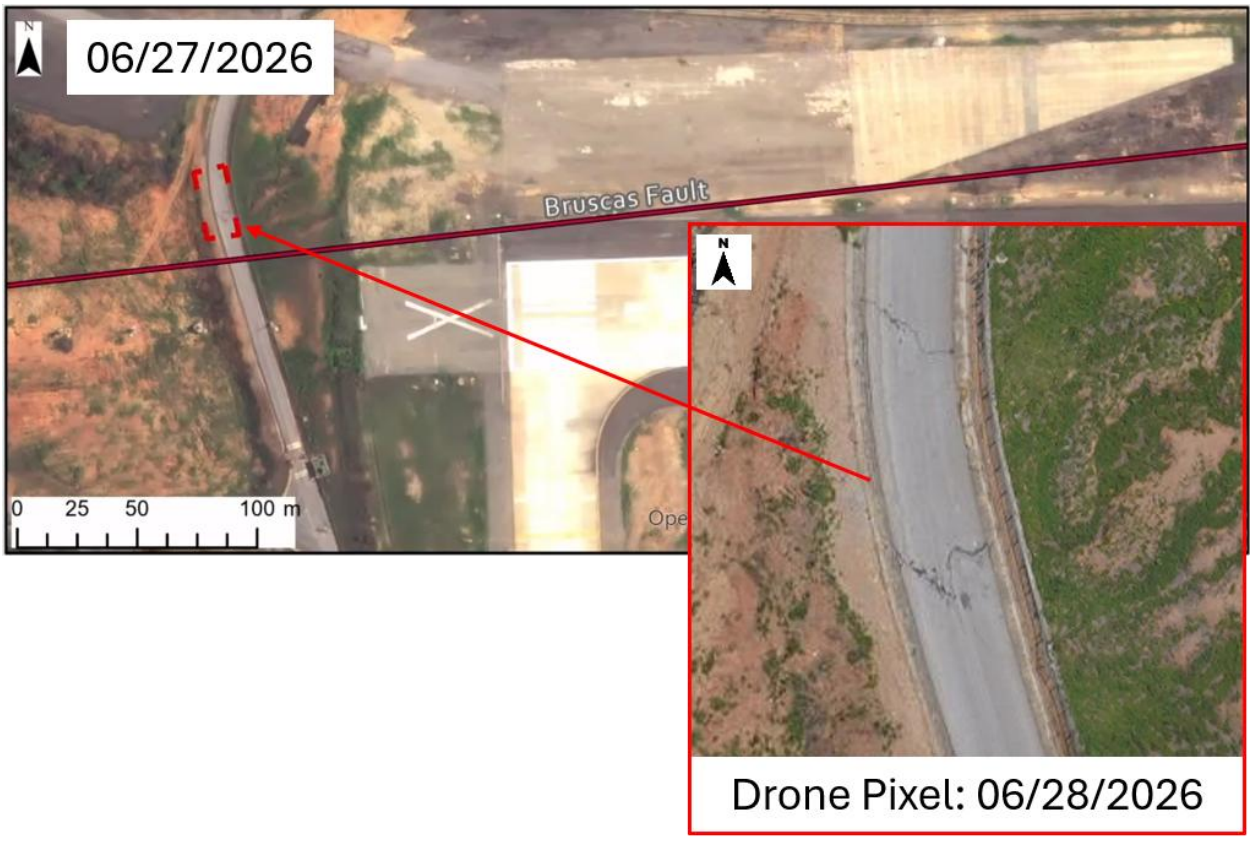


Figura 8 -10. Maiquetía: 67.0137992°O 10.6041824°N. Se observan fracturas en la calzada al oeste de la pista del aeropuerto. Estas fracturas discurren paralelas a la falla de Bruscas y muy cerca de ella (Weisbord, 1957). Imágenes aéreas de Vantor y Drone Pixel.

Las fuentes de las imágenes aéreas y el enlace para descargarlas se encuentran en el Capítulo 7, Tabla 7-2.

El equipo de campo de GEER observó una grieta longitudinal que se extiende aproximadamente paralela a la alineación de la pista (véase la Figura 8 -11) y estimó que tenía metros de profundidad en lugar de decenas de centímetros, y que se propaga más allá del pavimento hacia el terreno adyacente sin pavimentar. La continuidad a esa escala, y sobre todo la profundidad de las grietas, son difíciles de conciliar con las fisuras de licuación a escala decimétrica documentadas en otros lugares a lo largo del corredor de La Guaira, y apuntan en cambio a una deformación del terreno subyacente controlada estructural o tectónicamente, posiblemente agravada por el ablandamiento cíclico del relleno y los depósitos costeros.

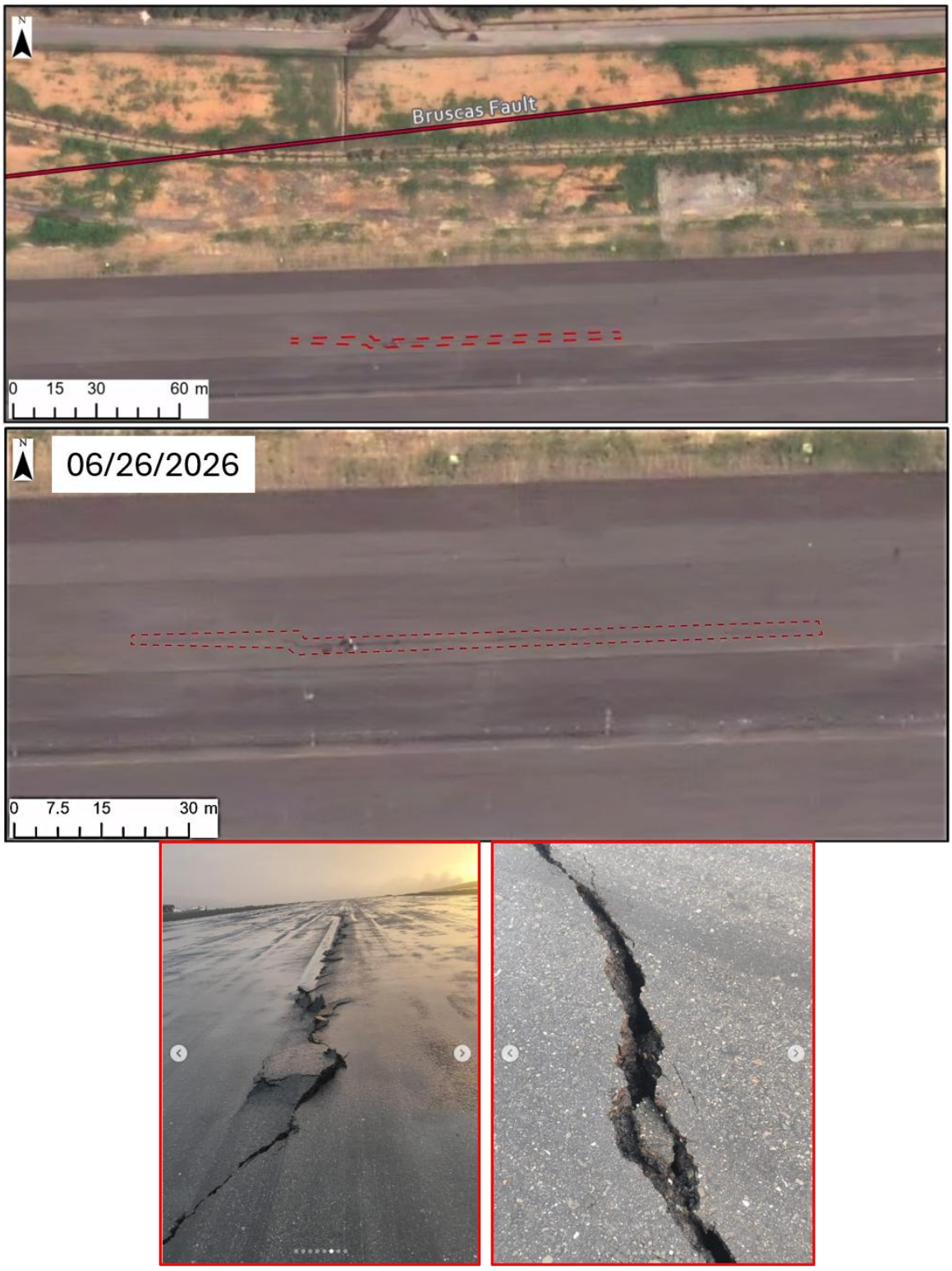


Figura 8 -11. Aeropuerto de Maiquetía: 67.0070831°O 10.6040419°N. Se observan fracturas en la pista norte del aeropuerto. Fotografías obtenidas de publicaciones en redes sociales de Tele Sur TV

e imágenes aéreas de Vantor. Esta fractura es pseudoparalela y próxima a la falla de Bruscas (Weisbord, 1957).

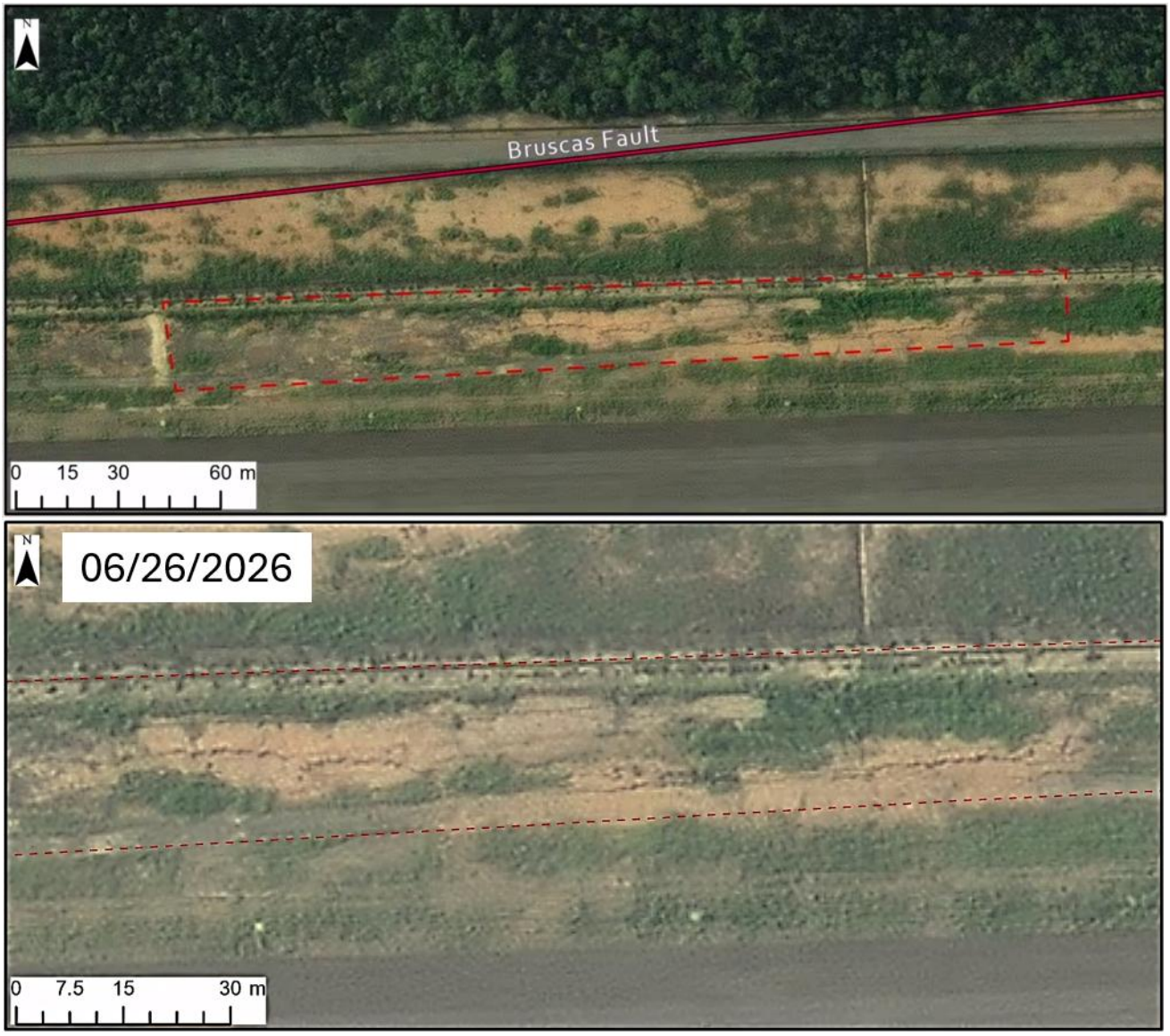


Figura 8 -12. Aeropuerto de Maiquetía: 67.0039414°O 10.6046294°N. Se observan fracturas al norte de la pista del aeropuerto. Estas fracturas discurren pseudoparalelas a la falla de Bruscas y muy cerca de ella (Weisbord, 1957). Imágenes aéreas de Vantor.



Figura 8 -13. Aeropuerto de Maiquetía: 66.9943662°O 10.6026870°N. Las fracturas visibles en la pista, con filtraciones aparentes, sugieren la posible presencia de un nivel freático poco profundo en este lugar. Estas discurren pseudoparalelas a la falla de Bruscas. Imágenes aéreas de Vantor.

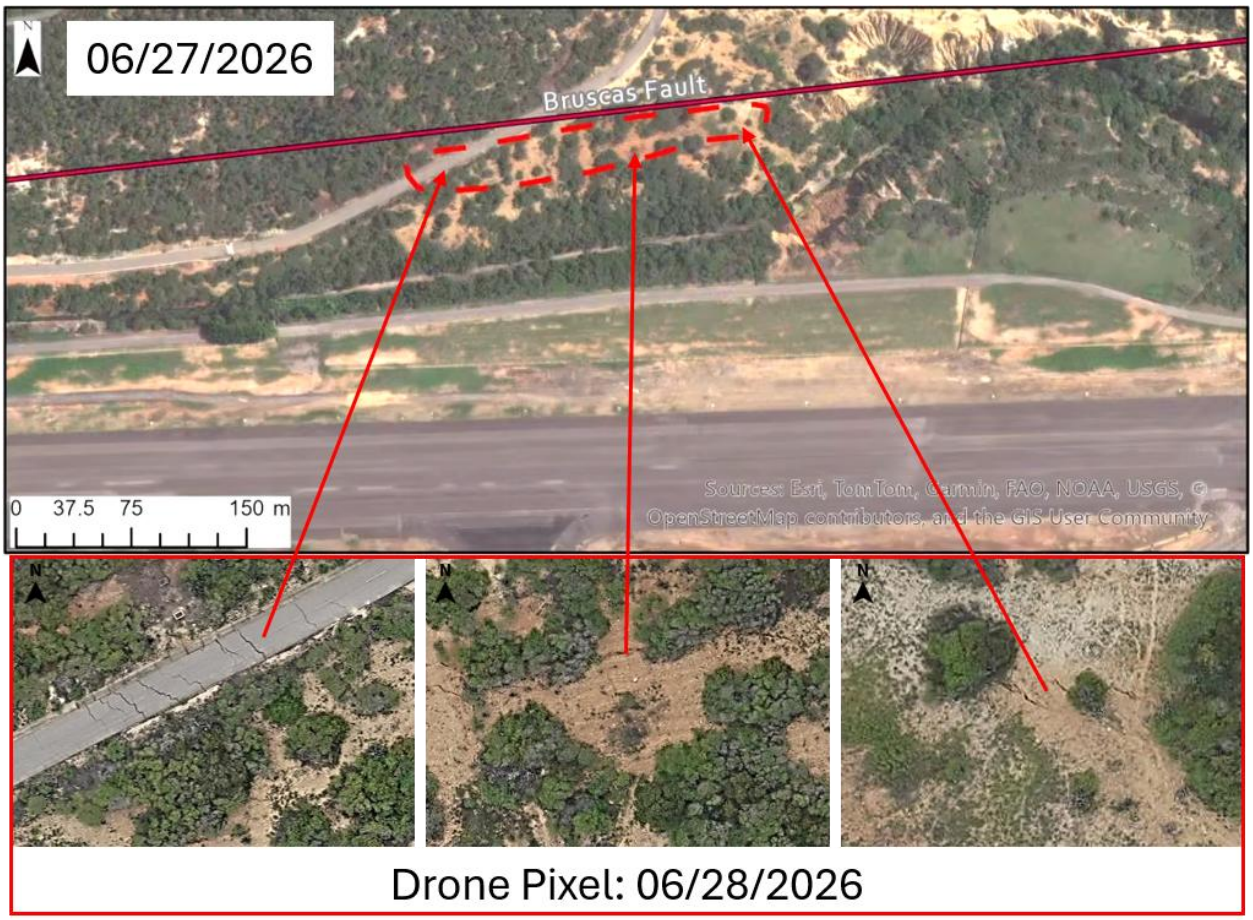


Figura 8 -14. Maiquetía: 66.9911560°O 10.6063107°N. Se observan fracturas al norte de la pista del aeropuerto. Estas fracturas discurren paralelas a la falla de Bruscas o muy cerca de ella (Weisbord, 1957). Imágenes aéreas de Vantor y Drone Pixel.

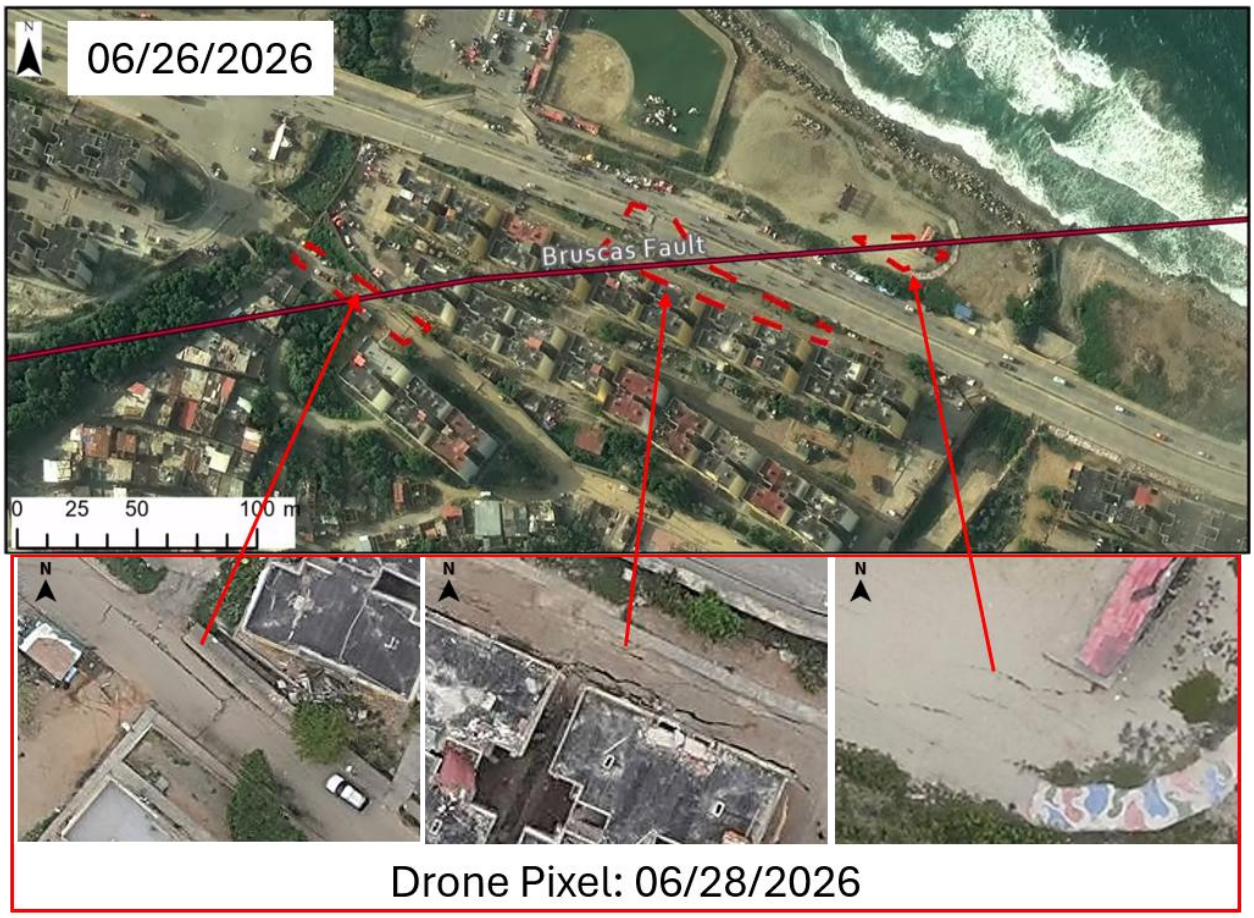


Figura 8-15. Maiquetía: 66.9808956°O 10.6078731°N. Se observan fracturas al noreste de la pista del aeropuerto. Estas fracturas se encuentran muy cerca de la falla de Bruscas (Weisbord, 1957). La zona más oriental (imagen inferior derecha) podría estar asociada con expansión lateral. Imágenes aéreas de Vantor y Drone Pixel.

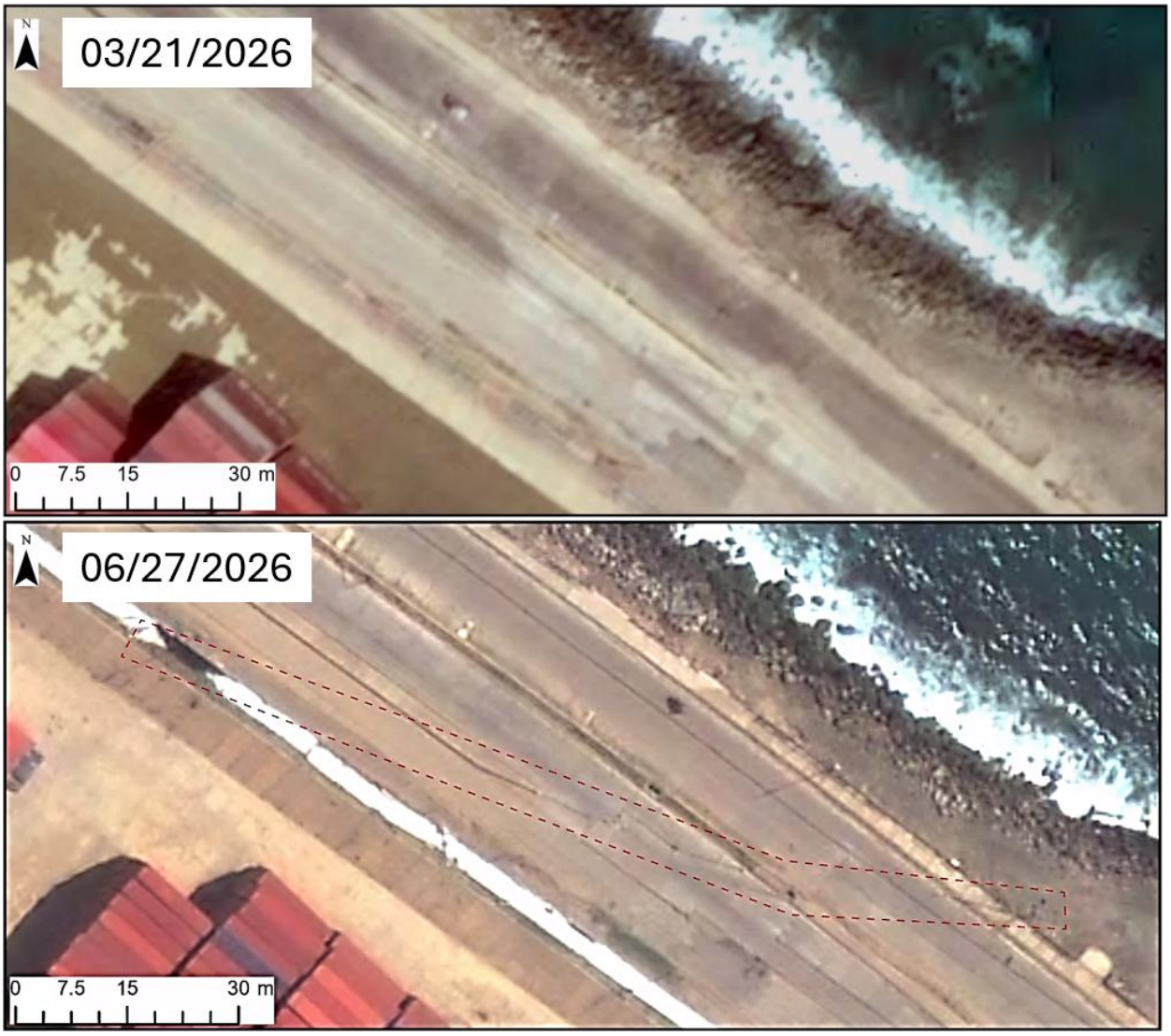


Figura 8-16. Maiquetía: 66.9682377°W 10.6054840°N. Se observa fractura en Avenida Bicentenario. Esta fractura se encuentra muy cerca de la falla de Bruscas. Imágenes aéreas de Vantor.

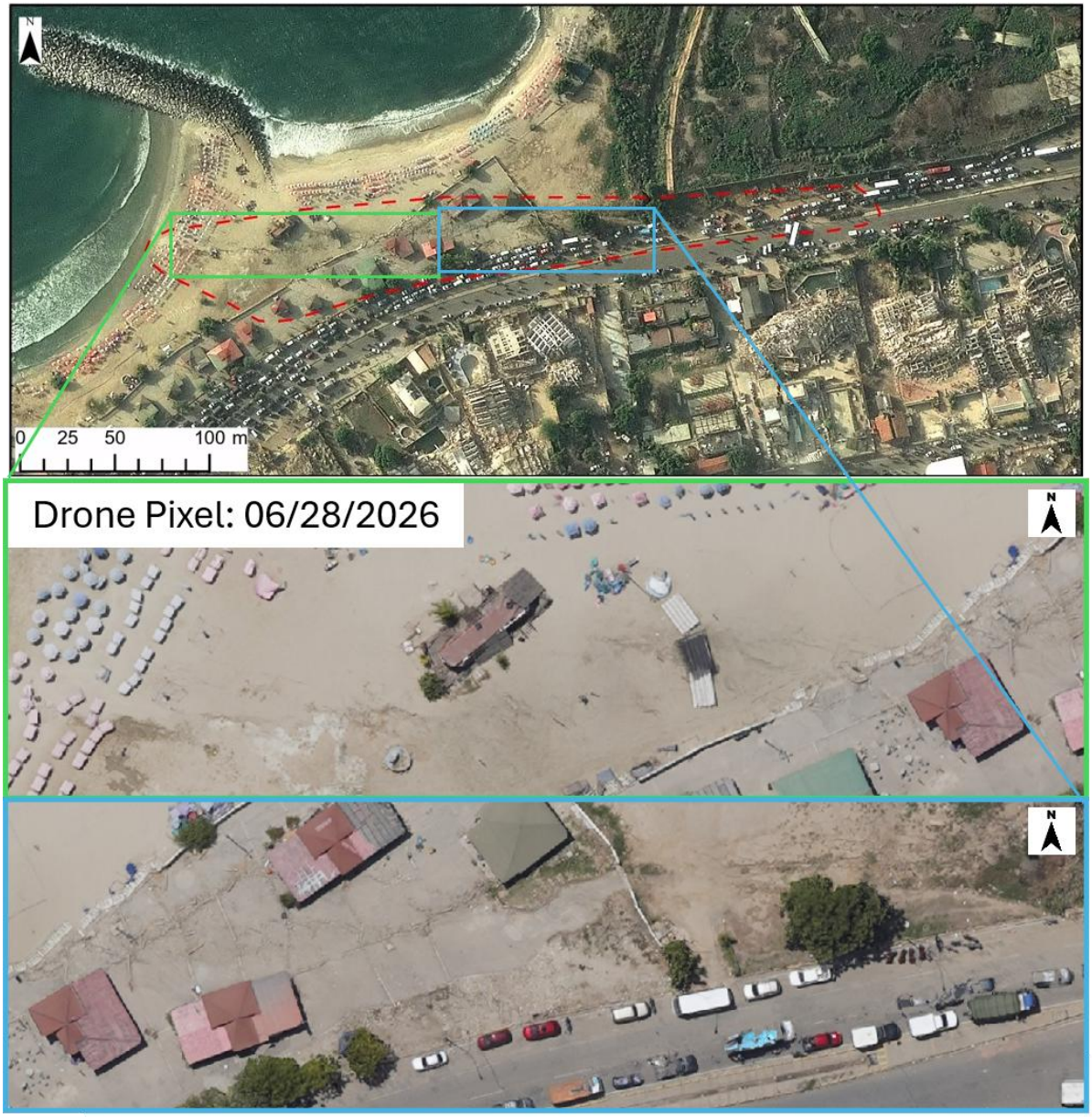


Figura 8-17. Caraballeda: 66.8573623°O 10.6185046°N Patrón lineal de fracturas a lo largo de una longitud aproximada de 350 m. La mayor parte de la deformación se concentra en una franja de 10 metros de ancho. También se observan filtraciones y emanaciones de arena. Aunque estas características pueden estar asociadas con expansión lateral, la alineación de las fracturas se encuentra muy cerca de la traza de desplazamiento lateral del USGS representada por el polígono rojo discontinuo. La imagen aérea superior es de Vantor y las dos imágenes aéreas inferiores son cortesía de Drone Pixel.



Figura 8-18. Caraballeda: 66.8454351°O 10.6194776°N. Un conjunto de 8 a 10 grietas paralelas posiblemente asociadas con la ruptura cosísmica del terreno según su proximidad a la traza de falla de desplazamiento mapeada por el USGS y su patrón de deformación distintivo. Sin embargo, al finalizar este informe no se pudieron descartar las fracturas del terreno relacionadas con la licuación. Imágenes aéreas de Vantor y Drone SIGIS.

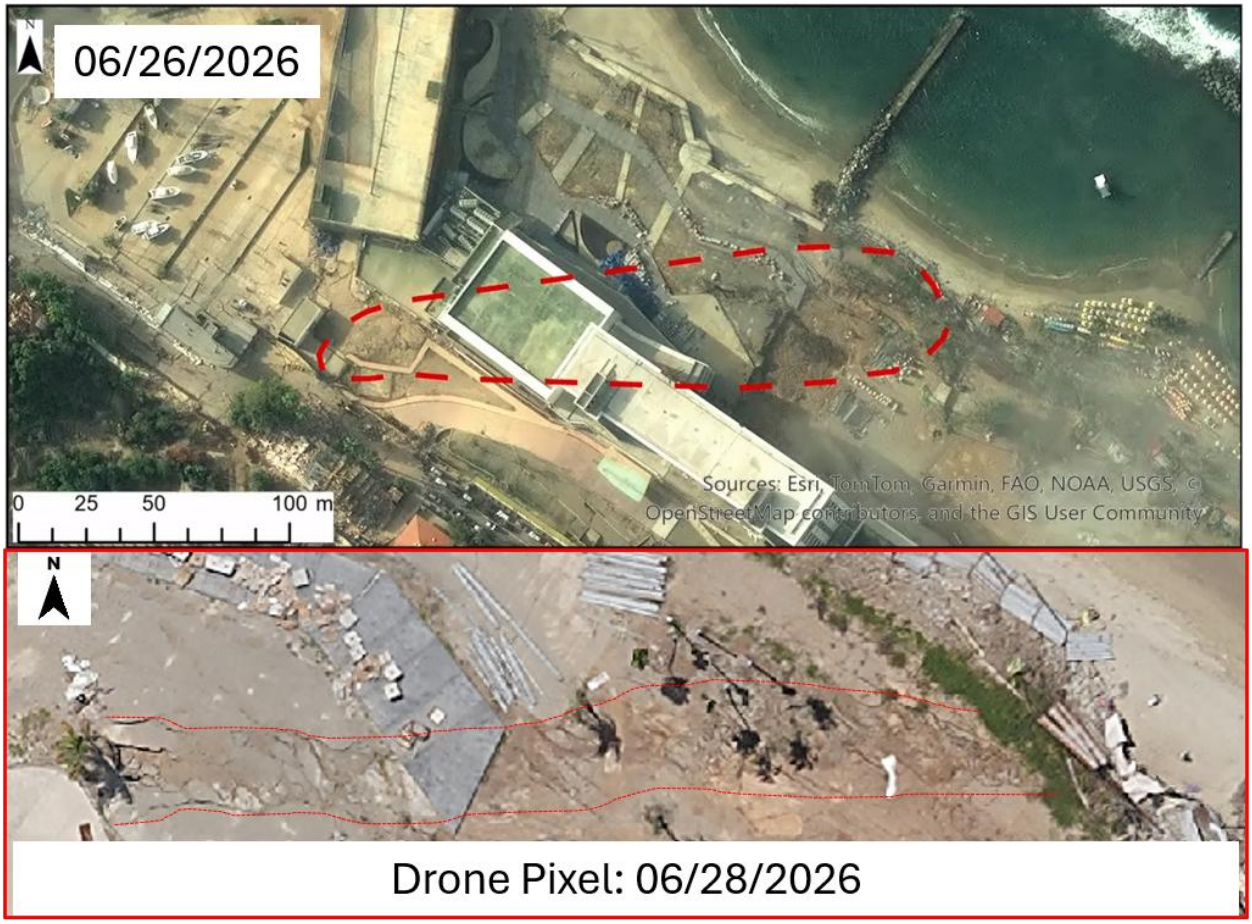


Figura 8-19. Caraballeda: 66.8411222°O 10.6195982°N. Patrón lineal de deformación del terreno con grietas muy próximas entre sí, interpretado como una posible ruptura cosísmica del terreno en función de su proximidad a la traza de la falla de desplazamiento del USGS y sus características de deformación, que difieren de las de las grietas del terreno cercanas relacionadas con la licuación. Alternativamente, estas grietas podrían estar asociadas con la expansión lateral. Imágenes aéreas de Vantor y Drone Pixel.

8.3 Recomendaciones para futuros estudios

Las imágenes aéreas posteriores al terremoto resultaron útiles para identificar rasgos de concentraciones de deformaciones lineales del terreno que pudieran estar asociadas con la ruptura cosísmica del terreno, especialmente en áreas con acceso limitado o restringido. Si bien el reconocimiento remoto no es adecuado para determinar desplazamientos de fallas detallados a escala centimétrica o menor, ofrece una herramienta de selección eficaz para priorizar áreas para la evaluación de campo, particularmente donde la deformación cartografiada se alinea con trazas de fallas conocidas o inferidas, gradientes geodésicos de desplazamiento u otra evidencia independiente de ruptura. Las futuras labores de reconocimiento deberían incluir la verificación en el terreno por parte de geólogos calificados para evaluar si las grietas o desplazamientos observados reflejan una ruptura tectónica, medir el desplazamiento cuando sea posible y caracterizar el mecanismo de falla. Los equipos de campo deben documentar la geometría de la

ruptura, su orientación, el sentido y la magnitud del desplazamiento, la continuidad, la expresión geomorfológica y las relaciones de intersección con carreteras, estructuras, elementos de drenaje u otros marcadores.

Los levantamientos geofísicos superficiales específicos también pueden ayudar a precisar la ubicación de las presuntas deformaciones relacionadas con fallas cuando la evidencia superficial está oculta, pavimentada, alterada o inaccesible. Debido a que estos métodos capturan imágenes de contrastes indirectos del subsuelo en lugar de la ruptura de la falla en sí, sus resultados deben tratarse como evidencia complementaria e interpretarse junto con el mapeo de campo, los indicadores geomorfológicos, los marcadores desplazados y los productos de desplazamiento geodésico antes de atribuir un rasgo a una ruptura superficial cosísmica.

8.4 Referencias

Hanagan, C., Reitman, N.G., Barnhart, W.D., y Schmitt, R., 2026, Remote Observations of Surface Deformation for the **M**7.2 and **M**7.5 2026 Venezuela Earthquakes (Provisional Release): U.S. Geological Survey data release [Observaciones remotas de la deformación de la superficie para los terremotos de magnitud 7.2 y 7.5 de Venezuela de 2026 (publicación provisional) Publicación de datos del Servicio Geológico de los Estados Unidos] https://doi.org/10.5066/P13QPYJX.

Suárez Acosta, H. D., & Arenas Bermúdez, I. (13 de julio de 2026). Preliminary GNSS+DInSAR Evidence of Coseismic Deformation in Venezuela Associated with the June 24, 2026 Earthquakes [Evidencia preliminar de deformación cosísmica mediante GNSS+DInSAR en Venezuela asociada con los terremotos del 24 de junio de 2026]. SIGGMA.

Weisbord, N.E., 1957, Notes on the Cabo Blanco Area, Venezuela [Notas sobre el área de Cabo Blanco, Venezuela]. Bulletins of American Paleontology, v. 38, no. 165, p. 1–51.

9. LICUACIÓN

Tabla 9-1. Autores principales de esta sección

Nombre	Afiliación
Gonzalo A. Montalva	Profesor de la Universidad de Concepción, Chile
Patricia Varela	Geólogo sénior en Geosyntec Consultants, Inc.
Francisco J. Pinto	Profesor Asistente, Universidad de Chile
Ramón Mata-Lemus	Profesor Asistente; Universidad San Sebastián, Chile
William Zakka	Investigador de posgrado en University of California, Berkeley, EE. UU.

El apoyo financiero para las contribuciones del profesor Francisco J. Pinto se obtuvo a través del Grupo de Ingeniería Estructural, Sísmica y Geotécnica del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile

Este capítulo recopila las pruebas de licuación y fallas del terreno inducidas por la licuación documentadas después de los terremotos del 24 de junio. Más allá de documentar los hallazgos, el capítulo está escrito para servir como plataforma de trabajo para la investigación destinada a reducir los daños inducidos por la licuación: cada observación está georreferenciada, las mediciones se tabulan con sus fuentes, se indica expresamente la confianza del intérprete, se mantienen visibles los mecanismos alternativos en lugar de resolverlos mediante afirmaciones, y la Sección 9.8 organiza las observaciones en posibles casos de estudio junto con los datos que aún se requieren para completar cada uno.

Aquí se utilizan cuatro flujos de información:

- Documentación de campo recopilada entre el 10 y el 19 de julio de 2026 por colegas venezolanos y equipos de colaboración en labores de reconocimiento que contribuyeron a este informe. La mayoría de las fotografías incluyen la integración de una marca de tiempo y posición GPS, y varios sitios incluyen mediciones con cinta del ancho, el desplazamiento y el asentamiento de las grietas.
- Interpretación sistemática de imágenes ópticas de alta resolución posteriores al evento (véase la Tabla 7-2, Capítulo 7), que produjo un inventario georreferenciado de 68 polígonos a lo largo del corredor costero de La Guaira, relacionados con la licuación.
- El Informe Preliminar de Reconocimiento Virtual de StEER y su repositorio multimedia anotado y georreferenciado (StEER, 2026; proyecto DesignSafe PRJ-6380), junto con los productos ShakeMap y de fallas finitas del USGS.
- Fotografías y vídeos que circularon en redes sociales y fueron compartidos a través de la red E2SCALA (https://e2scala.ccee.ncsu.edu/) y la Sociedad Venezolana de Geotecnia, geolocalizados en imágenes de Google Earth previas al evento; esto incluye vídeos de grandes fisuras en el terreno en la zona epicentral del municipio de Veroes, Yaracuy.

Varios emplazamientos a lo largo de este corredor, incluidas dos zonas de licuación con emanaciones de arena en Catia La Mar, las zonas de desprendimiento lateral del frente marítimo de Caraballeda, las cuadras residenciales a lo largo de la Avenida Bicentenario y la terminal de contenedores de La Guaira, se están documentando por algunos de los autores de este capítulo como parte de publicaciones separadas que se encuentran en preparación. Sus observaciones, mediciones, interpretaciones y fotografías no se comparten aquí a petición suya. Por lo tanto, esos sitios están ausentes de este capítulo o aparecen solo como elementos de seguimiento en la Sección 9.8.

Algunas de las primeras imágenes sistemáticas son posteriores a los terremotos en dos días y a las visitas de campo que se describen en este capítulo en aproximadamente dieciséis días. El retiro de escombros, la demolición, el tráfico de maquinaria pesada y las lluvias podrían haber modificado muchas superficies. Los sedimentos expulsados en playas, patios sin pavimentar y terrenos con vegetación se encuentran entre las clases de evidencia de campo menos duraderas, por lo que el inventario presentado aquí puede utilizarse como un límite inferior del alcance del desencadenamiento.

9.1 Evidencia histórica de licuación en las regiones afectadas

Los registros históricos documentan la licuación sísmica del suelo en el norte de Venezuela durante varios terremotos importantes, incluidos los eventos del 26 de marzo de 1812, 12 de abril de 1878, 29 de octubre de 1900, 29 de julio de 1967 y la secuencia de abril-mayo de 1989 (Rodríguez, Audemard y Rodríguez, 2006).

Durante el evento de 1812 se observaron manifestaciones de licuación en La Guaira, Caracas (a lo largo del valle del río Guaire en El Paraíso) y el estado Aragua (zonas de Choroní, Barbacoas y La Victoria). Se cree que el suceso de 1878 provocó la licuación del suelo cerca del río Cúa, en el estado de Miranda. Se han documentado posibles indicios de licuación luego del terremoto de 1900 en las zonas costeras de Macuto, Caraballeda, Camurí Grande, Los Caracas, La Sabana y Chuspa, así como en el estado Miranda, Caracas (zona de San Jacinto) y el estado Anzoátegui. Durante el terremoto de Caracas de 1967, se observaron indicios de licuación en Playa Caraballeda y a lo largo de la costa sur del lago de Valencia en Güigüe, Carabobo. Por último, entre mayo y abril de 1989, dos terremotos moderados (mb 5.7 y 5.0) en las zonas costeras orientales del estado Falcón provocaron licuación en las llanuras aluviales y el delta del río Tocuyo (Audemard y De Santis, 1991). En la Tabla 9-2 se ofrece un resumen de los registros históricos que documentan la licuación, incluido el tipo de evidencia observada.

Tabla 9-2. Resumen de la evidencia histórica de licuación en las regiones afectadas (modificado de Rodríguez, Audemard y Rodríguez, 2006)

Evento	Ubicación	Ambiente sedimentario	Tipo de evidencia[1]	Confianza
Terremoto de 1812	La Guaira/Vargas	Fluvial/Aluvial	GC; WD	Probable
	El Paraíso, Caracas	Aluvial	SE; GC; WD	Probable
	Choroní, Aragua	Costero	SE; GC; LS	Probable

Evento	Ubicación	Ambiente sedimentario	Tipo de evidencia[1]	Confianza
	Barbacoas, Aragua	Aluvial	SE; GC	Probable
	La Victoria, Aragua	Fluvial/Lacustre	GS; GC	Probable
Terremoto de 1878	Cerca del río Cua, Miranda	Fluvial	GC; WD	Probable
Terremoto de 1900	Macuto, Vargas	Fluvial/Aluvial/Costero	WD	Cuestionable
	Caraballeda, Vargas	Fluvial/Aluvial/Costero	WD	Cuestionable
	Camurí Grande, Vargas	Fluvial/Aluvial/Costero	GC	Cuestionable
	Los Caracas, Vargas	Fluvial/Aluvial/Costero	GC	Cuestionable
	La Sabana, Vargas	Fluvial/Aluvial/Costero	GC; WD	Probable
	Chuspa, Vargas	Fluvial/Aluvial/Costero	GC; WD	Probable
	Paparo, Miranda	Fluvial/Aluvial/Costero	GS	Cuestionable
	Tramo ferroviario entre Carenero y Río Chico, Miranda	-	GS	Posible
	Capaya, Miranda	-	GS	Posible
	San Jacinto, Caracas	-	SE; WD	Cuestionable
	Cerca del río Neverí, Anzoátegui	Fluvial/deltaico	SE; GS; GC; WD; LS	Probable
Terremoto de 1967	Playa Caraballeda, Vargas	Costero	GS; GC; WD; LS	Probable
	Güigüe, Carabobo	Lacustre	WD; LS	Probable
Secuencia de 1989	Tocuyo/Boca de Mangle/Chichiriviche, Falcón	Depósitos intrabarrera	SE; GC; SB	Probable

[1]SE = eyección de suelo; GS = asentamiento del terreno; GC = grietas en el terreno; WD = descarga de agua; LS = expansión lateral; SB = emanaciones de arena

9.2 Contexto geológico y geomorfológico de las zonas afectadas

La gran mayoría de los casos de licuación documentados se concentran en una estrecha franja costera del estado de La Guaira con unos 30 km de longitud, que se extiende desde Catia La Mar en el oeste, pasando por Maiquetía, La Guaira y Macuto, hasta Caraballeda y Tanaguarena en el este. La franja es una cinta discontinua de abanicos aluviales coalescentes, depósitos de playa y cordones litorales, sedimentos de desembocadura de ríos y rellenos costeros artificiales, situada entre el escarpado frente norte de la Cordillera de la Costa y el Mar Caribe (véase el Capítulo 4). Los abanicos aluviales se formaron y fueron retrabajados en repetidas ocasiones por flujos de detritos que descendían del macizo del Ávila. El evento de diciembre de 1999, por sí solo, depositó

grandes volúmenes de arena, grava y cantos rodados en lo que ahora es la huella urbana de Caraballeda y sus vecinos (Wieczorek et al., 2001), y las investigaciones superficiales en los frentes de las colinas entre Catia La Mar y Caraballeda indicaron sedimentos superficiales del orden de 3 m sobre esquisto y gneis erosionados.

El espesor de los sedimentos aumenta bruscamente hacia el mar. El modelo geofísico de Romero et al. (2006), basándose en datos de refracción sísmica, ruido ambiental y gravedad, indica una profundidad hasta el basamento de aproximadamente 180 m en La Guaira, 290 m cerca de Punta El Cojo en Macuto y 450 m cerca de la línea costera de Caraballeda, con períodos fundamentales de sitio a través de las superficies del abanico de aproximadamente 0.9 a 1.8 s. El nivel freático es poco profundo a lo largo de la costa, y casi todas las geoformas descritas en este capítulo se encuentran a unos 250 metros de la costa o a pocos metros de un canal fluvial o una marina. Desde hace tiempo se reconoce que los daños en este corredor son sensibles a las condiciones geológicas y geotécnicas locales, y la concentración de los daños de 2026 en depósitos costeros recientes que contienen agua repite un patrón documentado después de terremotos anteriores en Venezuela.

9.3 Evaluación de los riesgos de licuación

El modelo geoespacial de riesgo de licuación de Zhu et al. (2017 - Figura 9-1) muestra que la franja costera de La Guaira, el valle inferior del Yaracuy y las cuencas del Tuy, Valencia y Barlovento tienen un riesgo relativo mayor de licuación. El modelo se basa en variables indirectas V_{s30}, la distancia a los cuerpos de agua y la humedad climática, y no puede resolver los estrechos abanicos aluviales ricos en cantos rodados de la costa de La Guaira, donde la susceptibilidad a la licuación varía en decenas de metros entre gravas densas de abanico, arenas sueltas de playa y canal, y rellenos de marina colocados hidráulicamente. Se pueden obtener estimaciones mejoradas sobre la susceptibilidad a la licuación local y del riesgo mediante la ejecución de pruebas in situ (Sección 9.8); no obstante, el evento de 2026 ofrece una oportunidad inusualmente bien definida para probar modelos geoespaciales como el que se muestra en la Figura 9-1 con datos de campo (véase la Tabla 9-5) frente a evidencia tanto positiva como negativa.



Figura 9-1. Mapa geoespacial del riesgo de licuación para el centro-norte de Venezuela; el azul indica una mayor probabilidad de licuación y el marrón una menor. Modelo de Zhu et al. (2017)

9.4 Distribución espacial de la licuación observada

Las manifestaciones superficiales de la licuación incluyen asentamientos excesivos, desprendimiento lateral y eyección de material a la superficie. Luego de los terremotos de junio de 2026 en Venezuela, se registraron manifestaciones de licuación superficial a lo largo de gran parte de la costa norte venezolana, observándose la mayor concentración en La Guaira. El equipo remoto de GEER hizo un inventario de 68 manifestaciones relacionadas con el desprendimiento lateral y la licuación, incluyendo asentamientos, volcanes de arena, grietas en el suelo y subsidencia, entre Maiquetía y Tanaguarena, como se muestra en la Figura 9-2. En los lugares donde fue posible el acceso, el equipo de campo local de GEER visitó sitios seleccionados y verificó la presencia de deformaciones del terreno relacionadas con la licuación.

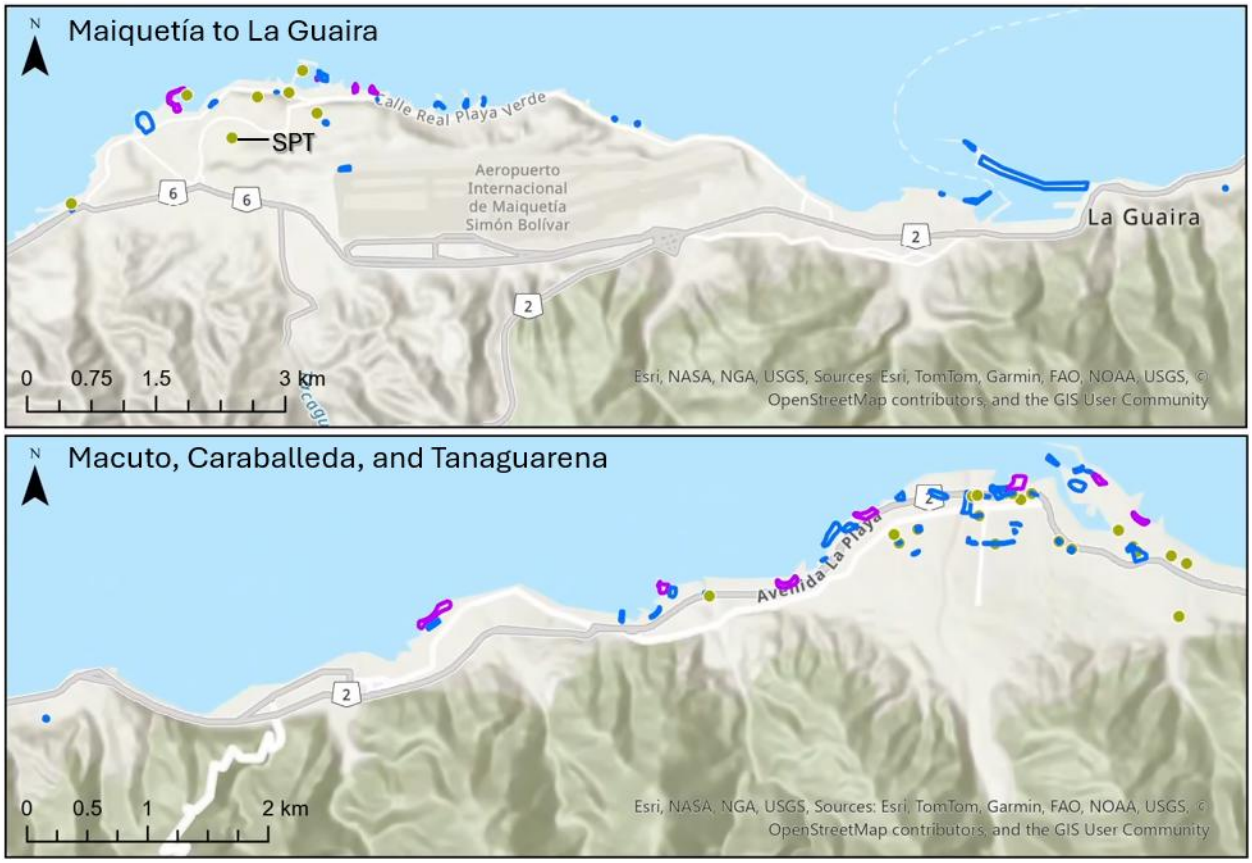


Figura 9-2. Manifestación superficial de la licuación. Los polígonos azules representan volcanes de arena, grietas en el suelo o subsidencia (sin expansión lateral), mientras que los polígonos morados representan características de desprendimiento lateral cartografiadas por el equipo remoto de GEER, que combina imágenes satelitales y de drones anteriores y posteriores al terremoto. Los puntos verdes son observaciones de campo (véase la Tabla 9-4).

9.4.1 Patrón regional y demanda sísmica

La evidencia se divide en tres grupos (Figura 9-3). El primero, y con mucho el mejor documentado, es el corredor costero de La Guaira. El segundo se ubica en el valle del río Yaracuy, a pocos kilómetros del epicentro del terremoto de San Felipe, donde se documentó una larga fisura paralela al río en Pueblo Ferriar, se filmó una extensa fisura por licuación en el municipio Veroes y se reportaron grandes y profundas grietas en el suelo entre Agua Negra y Palmarejo. El tercero recorre la costa central entre Morón/Puerto Cabello y Chuao, incluyendo el agrietamiento de la playa al este de Puerto Cabello y la licuación con volcanes de arena en Boca de Aroa, georreferenciada en el repositorio de medios StEER.



Figura 9-3. Distribución regional de las evidencias de licuación informadas en relación con los epicentros del 24 de junio de 2026. En este capítulo se analizan tres clústeres: el corredor costero de La Guaira (detalles en la Tabla 9-2), el valle del río Yaracuy cerca del epicentro del terremoto de San Felipe y la costa central entre Morón/Puerto Cabello y Boca de Aroa.

9.4.2 Inventario elaborado a partir de imágenes posteriores al evento

La Tabla 9-3 resume las 68 geoformas relacionadas con la licuación identificadas a lo largo del corredor de La Guaira, incluyendo volcanes de arena, grietas en el suelo, subsidencia y expansión lateral. En el caso de las geoformas cuya evidencia fue efímera y que quizás ya no sean observables, como los volcanes de arena y el desprendimiento lateral en las playas, que no se verificaron sobre el terreno, el inventario de teledetección ofrece una valiosa documentación de su ocurrencia en el período inmediatamente posterior al terremoto. Por el contrario, durante futuras investigaciones de campo se podrían evaluar geoformas que pueden persistir durante períodos más prolongados, como subsidencia, grietas en el suelo y algunas expansiones laterales, para confirmar o validar estas interpretaciones. Las diferencias entre los mecanismos de falla inferidos remotamente y los verificados en el sitio resaltan el valor del reconocimiento de campo para validar y refinar las interpretaciones derivadas de la teledetección. Al proporcionar observaciones de control en el terreno, las investigaciones de campo ayudan a calibrar las metodologías de reconocimiento remoto, a mejorar la confianza en la clasificación de mecanismos y a identificar nuevas limitaciones que deben documentarse al interpretar los rasgos de fallas del terreno inducidas por terremotos basándose únicamente en imágenes.

Tabla 9-3. Deformación del terreno cartografiada debido a la licuación a lo largo del corredor costero de La Guaira a partir de imágenes ópticas posteriores al evento, según el tipo de evidencia y el grado

de confianza del analista. Las reclasificaciones de campo analizadas en la Sección 9.5.7 se aplican parcialmente aquí, de modo que la interpretación remota siga siendo auditable.

Tipo de evidencia	Probable	Posible	Cuestionable	Total
Emanaciones / eyecciones de arena	6	12	1	19
Grietas y fisuras en el suelo	22	5	2	29
Subsidencia	6	1	0	7
Expansión lateral	10	3	0	13
Total	44	21	3	68

Las Figura 9-4 a la Figura 9-7 muestran ejemplos de deformación del terreno relacionada con la licuación observada mediante imágenes aéreas.

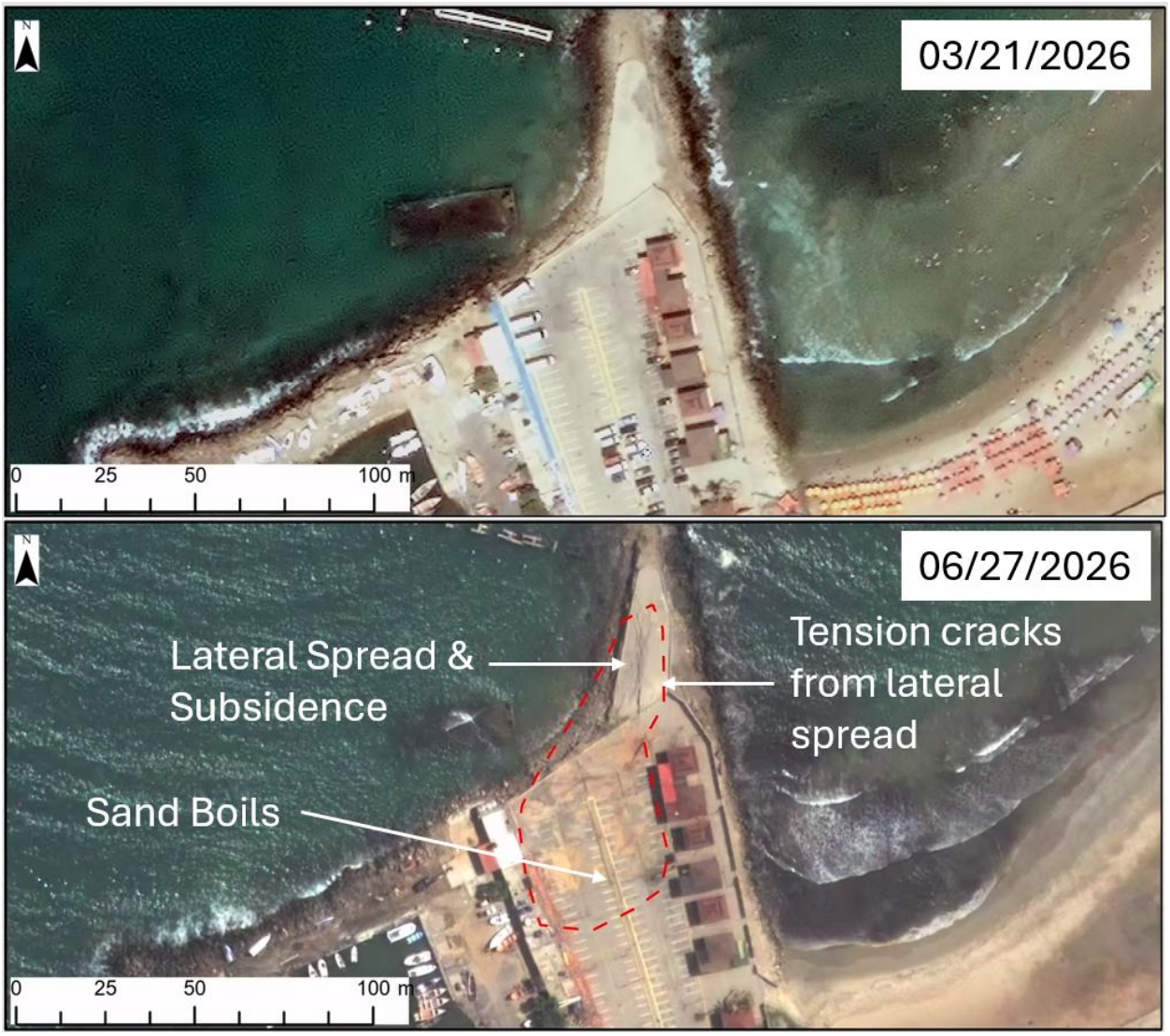


Figura 9-4. Evidencia de expansión lateral, grietas de tensión, subsidencia y volcanes de arena cerca de Playa Candilejas (66.9993614°O 10.6112343°N). Imágenes aéreas de Vantor.

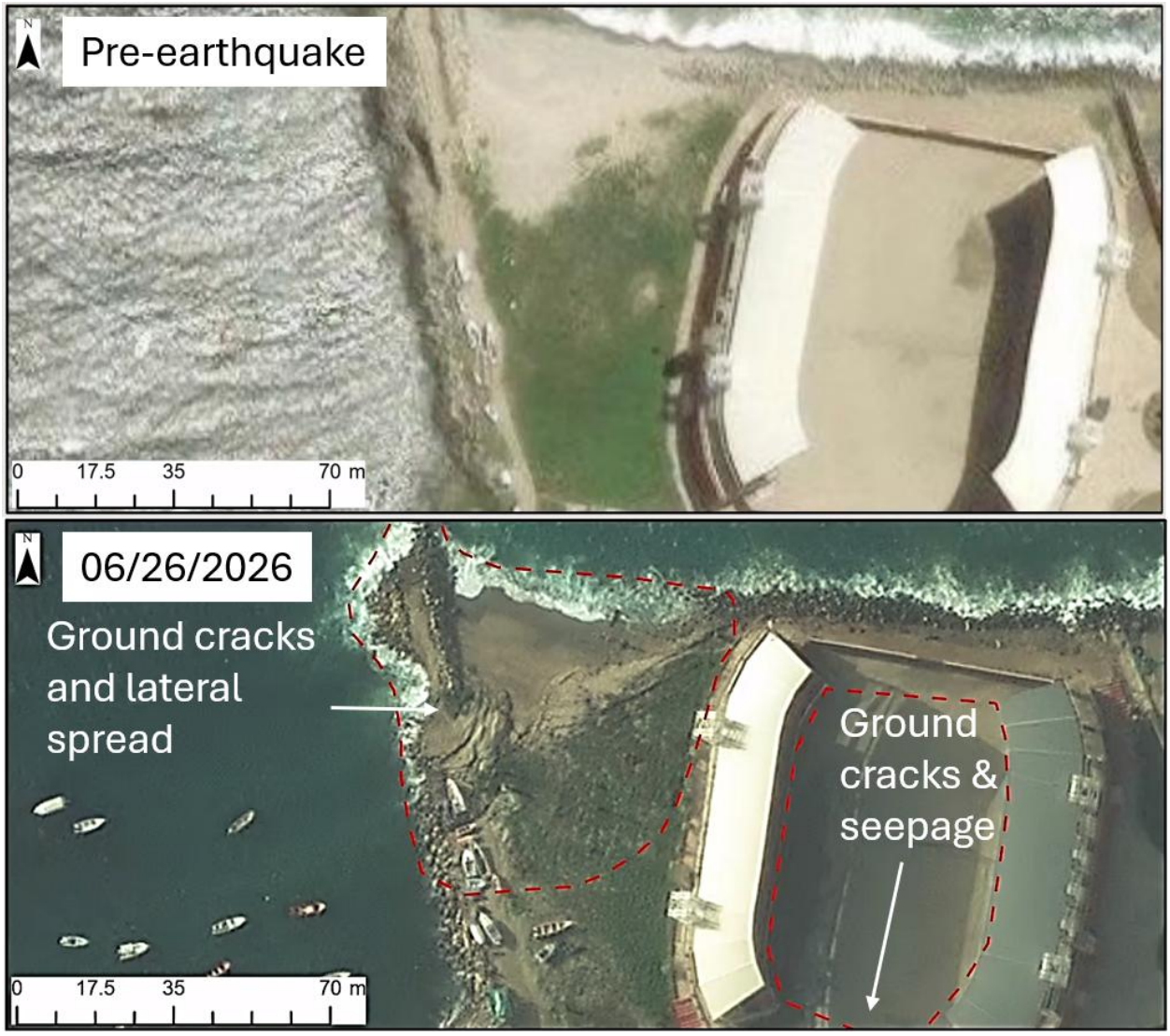


Figura 9-5. En el campo de fútbol de El Ceibo se observaron volcanes de arena y posibles filtraciones, y en la costa adyacente se observó una expansión lateral. (66.8913490°O 10.6098202°N). Imágenes aéreas de Vantor.

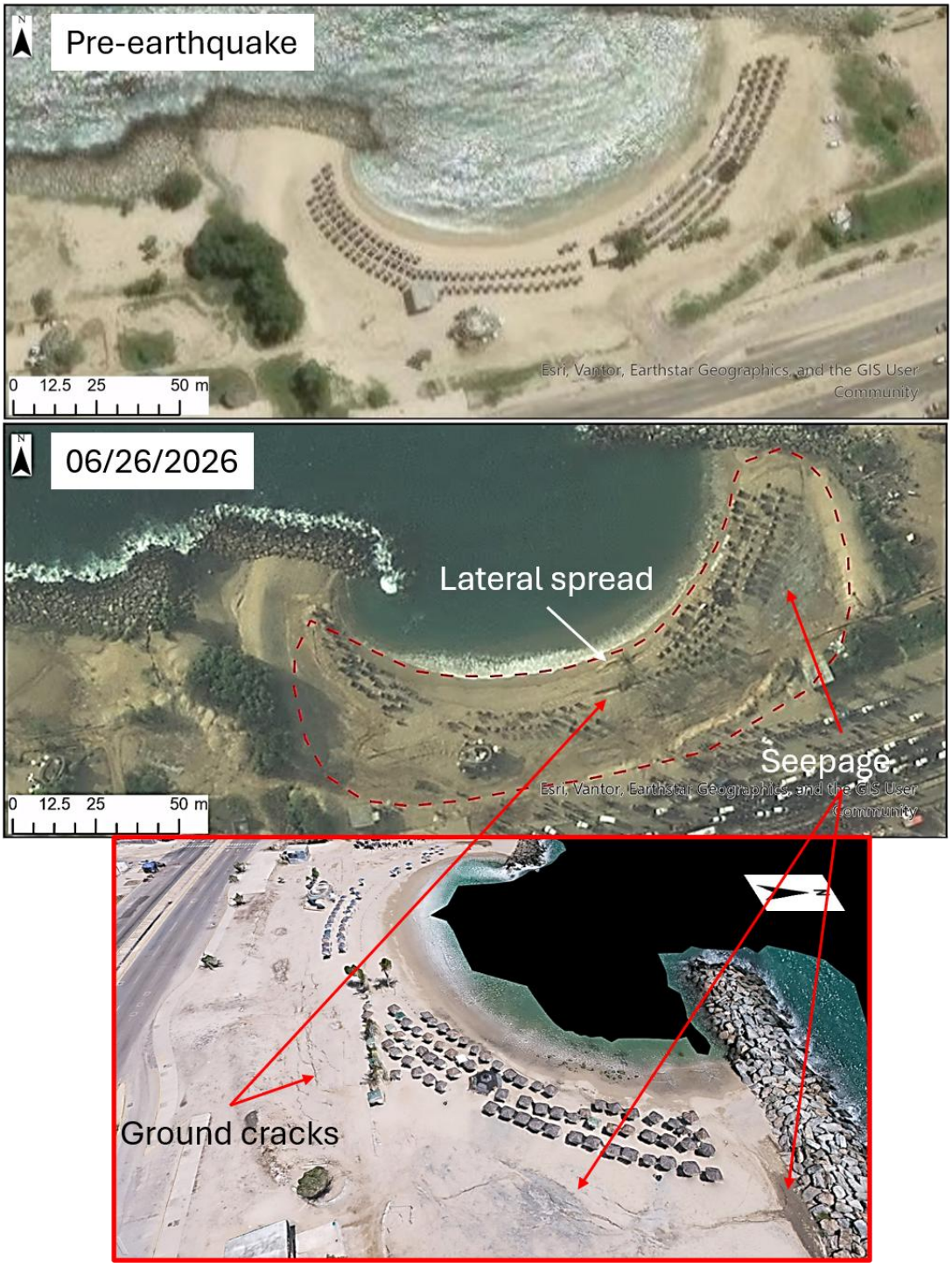


Figura 9-6. Evidencia de expansión lateral, grietas de tensión y filtraciones en Playa Ali Baba (66.8648683°O 10.6124094°N). Imágenes aéreas de Vantor e imágenes de dron (abajo) de SIGIS Venezuela.

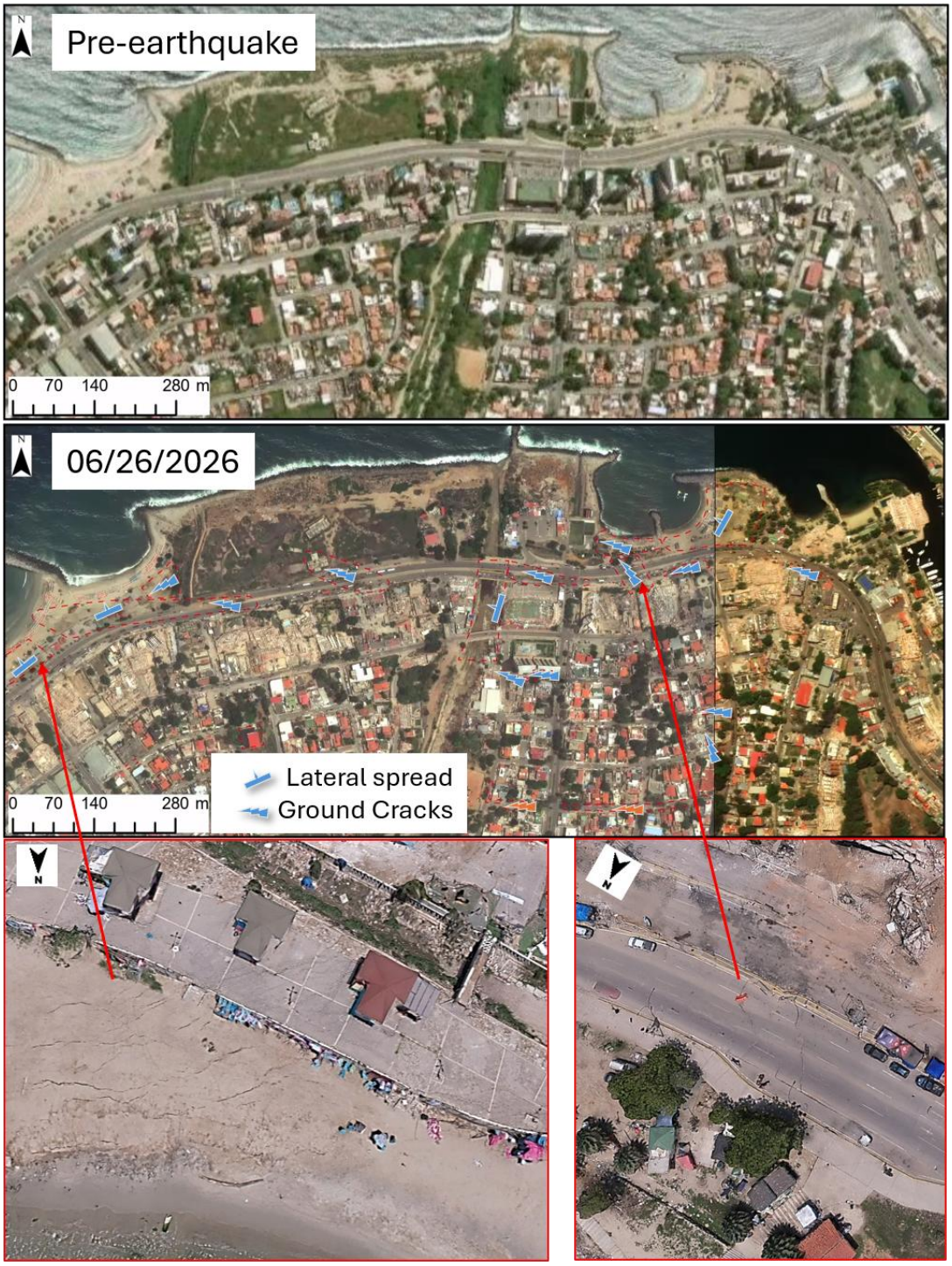


Figura 9-7. Alta concentración de evidencia de licuación a lo largo del frente costero de Caraballeda. (66.8487832°O 10.6194321°N). Imágenes aéreas de Vantor e imágenes de dron (abajo) de SIGIS Venezuela.

9.4.3 Sitios documentados en campo y cantidades medidas

La Tabla 9-4 enumera los sitios documentados por los equipos que contribuyeron a este capítulo; están representados en la Figura 9-2. La Tabla 9-5 consolida las mediciones cuantitativas disponibles de esos sitios, que son la materia prima para cualquier análisis retrospectivo futuro. Las coordenadas son las que han facilitado los equipos colaboradores y aún no se han cotejado de forma independiente con las imágenes.

Tabla 9-4. Sitios documentados sobre el terreno con evidencia de licuación o deformación del suelo inducida por la licuación. Las atribuciones son provisionales y requieren confirmación por parte de los equipos que las hicieron.

Sitio	Latitud, Longitud	Evidencia documentada	Fuente/fecha
Zona pavimentada del puerto deportivo de Playa Grande, Catia La Mar	10.611933, -67.021099	Agrietamiento de la superficie pavimentada subparalelo al borde del agua	Fotos no disponibles
Explanada de Playa Puerto Viejo, Catia La Mar	10.612137, -67.028492	Amplias grietas en el suelo y asentamiento diferencial de la explanada	Fotos no disponibles
Playa Grande Yachting Club, Catia La Mar	10.612361, -67.017788	Agrietamiento del pavimento que se extiende hacia la dársena del puerto deportivo; canchas de tenis agrietadas	Equipo de campo de GEER
Marina Deportiva, Catia La Mar	10.614745, -67.016373	Agrietamiento en el borde del muelle; extendiéndose hacia la dársena	Equipo de campo de GEER
Marina de Caraballeda	10.616464, -66.840234	Agrietamiento severo del terreno y desprendimiento lateral del relleno del puerto deportivo	R. Mata, E. Núñez et al., 14 de julio de 2026
AV. José María España en Doña Bárbara, Caraballeda	10.619014, -66.851115	Desprendimiento lateral a lo largo de la avenida costera; rotura del pavimento y desplazamiento de los brocales	Sociedad Venezolana de Geotecnia
Caraballeda, cerca del Centro Comercial IP5	10.619065, -66.850753	Grietas en el suelo de este a oeste de hasta 160 mm de ancho, a unos 225 m de la línea costera; cercas inclinadas	Equipo de campo de GEER, 19 de julio de 2026
Puente Macuto-Caraballeda, Río Camurí Chico	10.611552, -66.870685	Desplazamientos laterales de hasta 160 mm en los estribos; movimiento hacia el mar (hacia el norte)	Equipo de campo de GEER, 19 de julio de 2026

Sitio	Latitud, Longitud	Evidencia documentada	Fuente/fecha
Los Corales, Caraballeda	10.616146, -66.856982	Asentamiento del terreno de hasta 205 mm en relación con un edificio de una sola planta	E. Toro, 14 de julio de 2026
Terminal Catia La Mar	10.600856, -67.040550	Las losas del estacionamiento se desplazaron unos 270 mm; no se observaron volcanes de arena ni erosión en la playa posterior	E. Núñez, R. Mata et al., 10 de julio de 2026
Urbanismo Hugo Chávez, Catia La Mar	10.607685, -67.023763	Campaña de investigación del SPT (Sección 6.8)	L. Fargier et al.
Pueblo Ferriar, Yaracuy	10.465698, -68.561734	Fisura paralela al río de unos 380 m de longitud, a unos 3 m del cauce, a unos 4 km del epicentro del terremoto de magnitud 7.5	R. Mata, E. Núñez et al., 12 de julio de 2026
Municipio Veroes, Yaracuy (zona epicentral)	aún sin levantamiento	Profundas fisuras de un metro de altura en terrenos aluviales cultivados, filmadas y difundidas en redes sociales	Vídeo para redes sociales, agosto de 2026
Boca de Aroa, Falcón	Consulte el repositorio de StEER	Licuación con volcanes de arena; asentamiento de estructuras livianas; descripción de testigos presenciales de las eyecciones durante el temblor	Repositorio de medios de StEER (2026)
Costa central al este de Puerto Cabello	10.493206, -67.743070	Agrietamiento de la playa y de la zona posterior de la costa, paralelo a la orilla.	Redes sociales, geolocalizadas

Tabla 9-5. Mediciones cuantitativas disponibles en los sitios documentados en este capítulo.

Sitio	Cantidad	Valor	Fuente
Puente Macuto-Caraballeda, Río Camurí Chico	Desplazamiento lateral del estribo	hasta 160 mm	Equipo de campo de GEER, 19 de julio de 2026
Caraballeda, cerca del Centro Comercial IP5	Ancho de la grieta en el suelo	de hasta 160 mm	Equipo de campo de GEER, 19 de julio de 2026

Sitio	Cantidad	Valor	Fuente
Caraballeda, cerca del Centro Comercial IP5	Distancia de la grieta desde la línea costera	de unos 225 metros	Equipo de campo de GEER, 19 de julio de 2026
Los Corales, Caraballeda	Asentamiento diferencial del terreno en relación con estructura	de hasta 205 mm	E. Toro, 14 de julio de 2026
Terminal Catia La Mar	Desplazamiento de la losa del estacionamiento	de aproximadamente 270 mm	E. Núñez, R. Mata et al.
Marina de Caraballeda	Ancho de las grietas en el relleno del puerto deportivo	de varios cientos de milímetros (sin medir con cinta)	R. Mata, E. Núñez et al.
Pueblo Ferriar, Yaracuy	Longitud de la fisura / distancia al canal	de unos 380 m / unos 3 m	R. Mata, E. Núñez et al.

m: metro
mm: milímetro

La dispersión de Tabla 9-5 en relación con la magnitud del daño observado es en sí misma un hallazgo. Solo cuatro sitios en el conjunto de datos de GEER contienen una cantidad medida con cinta, y ninguno incluye un transecto de levantamiento del desplazamiento acumulado a lo largo de una expansión. El protocolo de medición para el reconocimiento —qué medir, con qué y en qué geometría— se analiza en la Sección 9.8.

9.5 Tipos de Evidencia

Esta sección agrupa las observaciones documentadas por tipo de evidencia para separar los patrones recurrentes en el campo de los detalles específicos de cada sitio. Las categorías distinguen entre agrietamiento, expansión lateral, asentamiento, deformación de las riberas de los ríos y evidencia ambigua o negativa, al tiempo que preservan la incertidumbre del mecanismo señalada en las secciones anteriores. Esta organización facilita la comparación entre diferentes sitios, destaca las mediciones más útiles para el desarrollo de futuros historiales de casos e identifica observaciones que no deben tratarse como licuación sin una confirmación adicional.

9.5.1 Agrietamiento y fisuras del terreno en zonas costeras bajas

Las grietas en el suelo perduran más que el eyectado y dominan los registros de campo, pero también son la clase más propensa a la ambigüedad en cuanto a su mecanismo. Las grietas que se conservan en esta sección se encuentran en terrenos bajos, a pocos metros de altura, cerca de una cara libre, en un entorno donde la licuación o el ablandamiento cíclico de los depósitos granulares saturados es la explicación más práctica.

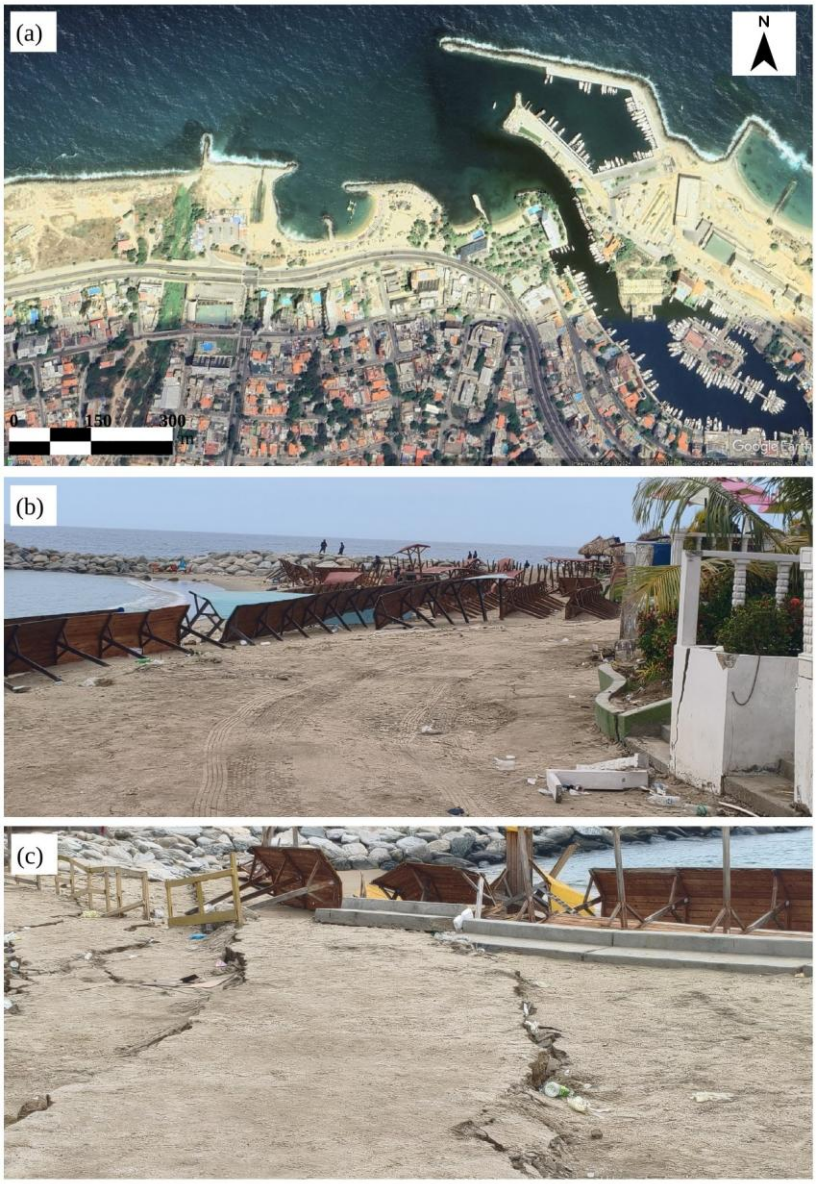


Figura 9-8. Playa El Yate, Caraballeda (10.619667°, -66.848800°): Relleno costero detrás de un montículo de escombros en el frente costero de Caraballeda, que muestra grietas generalizadas paralelas a la costa; (a) contexto del sitio; (b, c) vistas de la superficie del relleno agrietado. Fotografías cortesía de Sociedad Venezolana de Geotecnia.

9.5.2 Desprendimiento lateral de Marinas y rellenos costeros

Las marinas de Catia La Mar y Caraballeda ofrecen la geometría de cara libre más clara en la zona afectada, con rellenos colocados por medios hidráulicos o vertidos de forma suelta que mantienen una superficie de agua abierta de varios metros de altura. En todas las marinas visitadas se observa el mismo patrón: grietas casi paralelas a la orilla del agua, que se abren progresivamente hacia ella, con escalones verticales y hundimiento del pavimento detrás. No se hicieron levantamientos sobre

los desplazamientos, y su recuperación —altura de la cara libre, distancia desde la cara y apertura acumulada a lo largo de los transectos— es la medida perecedera más valiosa que aún queda por determinar en estos sitios.



Figura 9-9. Playa Grande Yachting Club, Catia La Mar (10.612361°, –67.017788°): (a) ruptura y desplazamiento hacia el mar del acceso pavimentado a lo largo del borde de la dársena; (b) canchas

de tenis agrietadas y levantadas, con cercas desalineadas; imágenes satelitales de Vantor c) antes y d) después de los terremotos. Fotografías cortesía del equipo de campo de GEER.

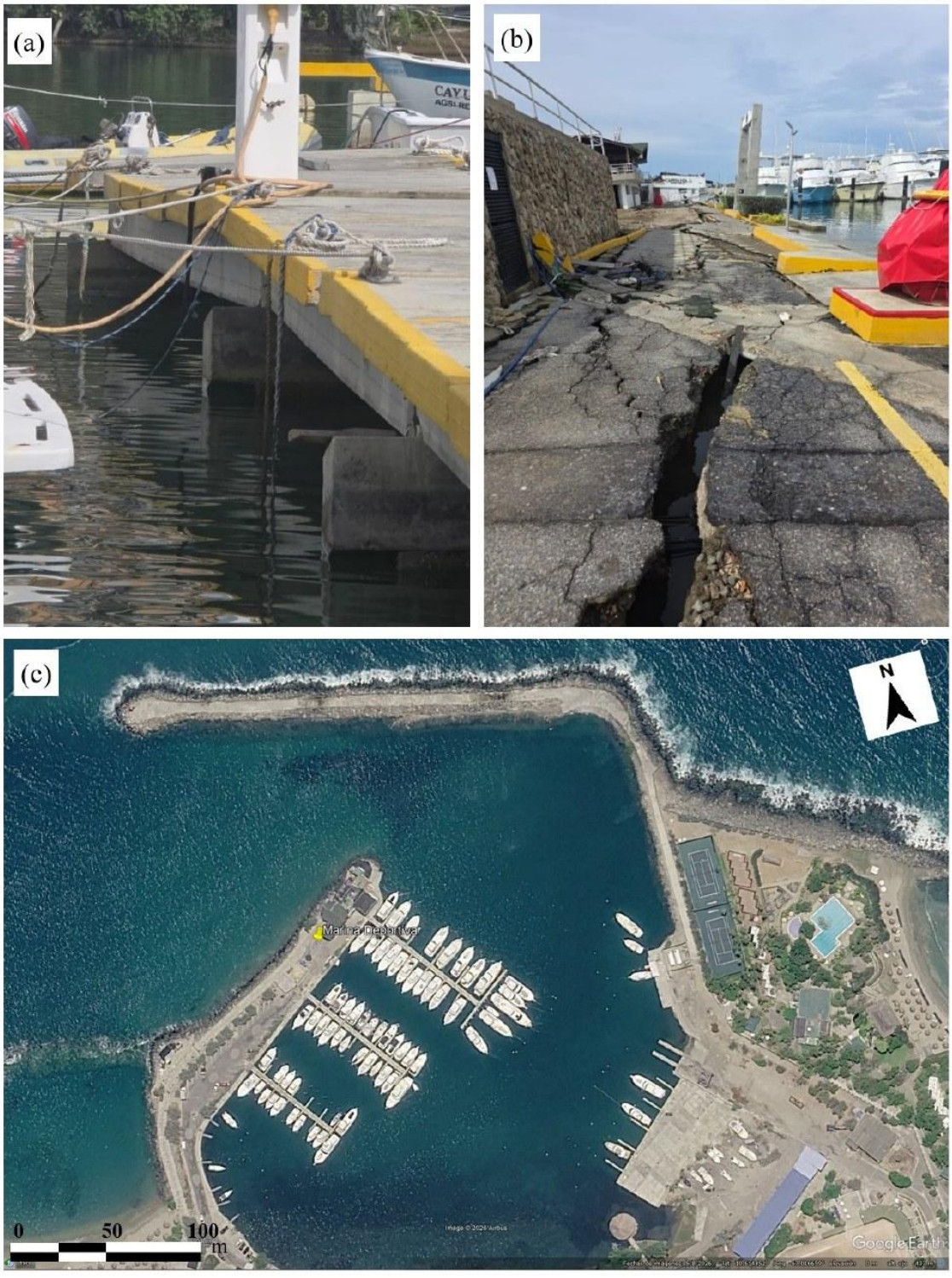


Figura 9-10. Marina Deportiva, Catia La Mar (10.614745°, –67.016373°): (a) desplazamiento del borde del muelle y conexiones del pontón; (b) agrietamiento de la superficie pavimentada del muelle

que se extiende subparalelo a la dársena; (c) ubicación en imágenes aéreas previas al evento (Google Earth, 8 de mayo de 2026). Fotografías cortesía del equipo de campo de GEER.

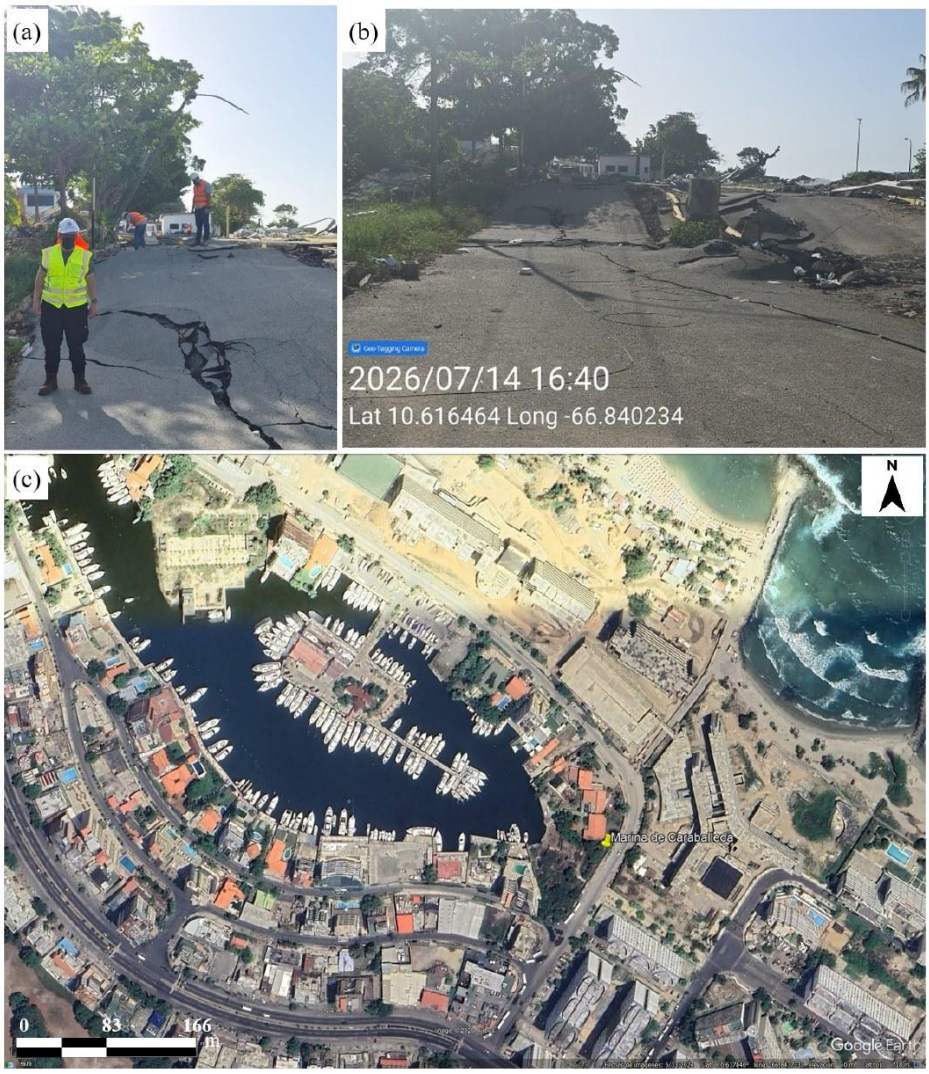


Figura 9-11. Marina de Caraballeda (10.616464°, –66.840234°): (a, b) agrietamiento severo, rotación de bloques y asentamiento de la superficie de la carretera y del relleno adyacente a la dársena, con anchos de grieta de varios cientos de milímetros; (c) ubicación en imágenes aéreas previas al evento (Google Earth, 13 de mayo de 2024). Fotografías cortesía de R. Mata, E. Núñez et al., 14 de julio de 2026.

9.5.3 Desprendimiento lateral a lo largo del corredor vial de Caraballeda

Entre el centro comercial Doña Bárbara y el demolido Centro Comercial IP5, Av. El río José María España discurre aproximadamente entre 100 y 250 metros tierra adentro, y casi paralelo a la línea costera de Caraballeda. A lo largo de un tramo de varios cientos de metros, la carretera está interrumpida por grietas paralelas a la costa con desplazamiento del brocal, levantamiento del pavimento y asentamiento del terreno adyacente (Figura 9-12 y Figura 9-13). Se midieron grietas de hasta 160 mm de ancho a unos 225 m de la costa, con inclinación de rejas y muros en la misma

cuadra. La geometría —grietas paralelas a la costa que se ensanchan hacia la cara libre sobre una superficie en forma de abanico con una ligera pendiente— es característica del desprendimiento lateral más que del deterioro del pavimento provocado por los temblores, aunque en este caso ambos fenómenos se superponen.



Figura 9-12. Desprendimiento lateral a lo largo de la Av. José María España en la esquina este del centro comercial Doña Bárbara, Caraballeda (10.619014°, –66.851115°): (a) sitio en imágenes aéreas previas al evento (Google Earth, 13 de mayo de 2024); (b) la avenida antes de los terremotos, en dirección al oeste; (c) la misma vista después de los terremotos, mostrando la rotura del pavimento y los brocales desplazados. Fuente: SVDG



Figura 9-13. Grietas en el suelo a unos 225 m tierra adentro de la costa de Caraballeda (10.619065°, –66.850753°): (a) ubicación en imágenes satelitales posteriores al evento (Vantor); (b) grieta en el suelo de este a oeste en dirección al sur hacia el Centro Comercial IP5 demolido; (c) daños extensos en el suelo e inclinación de las cercas adyacentes; (d) ancho de grieta medido de 160 mm; e) levantamiento del área circundante con dron (SiGIS Venezuela). Imágenes tomadas el 19 de julio de 2026.

9.5.4 Accesos a puentes y riberas de los ríos

En el cruce del río Camurí Chico, entre Macuto y Caraballeda, se midieron desplazamientos laterales de hasta 160 mm en los estribos del puente, el tablero aparentemente desplazado en dirección al mar, es decir, hacia el norte, en relación con los accesos (Figura 9-14). En las imágenes satelitales también se pudo observar el asentamiento de los terraplenes de acceso en este puente y en el cruce del río San Julián. El asentamiento de los terraplenes junto con el desplazamiento de los estribos, es la señal prevista de la expansión de los depósitos de la desembocadura del río hacia el canal y el mar, y estos dos cruces se encuentran entre los casos más manejables que ofrece el evento: la geometría de la cara libre es simple, es probable que los materiales de los terraplenes se puedan obtener de los registros de construcción y el desplazamiento está limitado por los desplazamientos medidos.



Figura 9-14. Puente Macuto–Caraballeda sobre el Río Camurí Chico (10.611552°, –66.870685°): (a) desplazamientos laterales observados en los estribos, con aparente desplazamiento de la estructura al norte hacia el mar; (b) desplazamiento medido de 160 mm en el borde sur del estribo oriental con respecto a la acera; (c) levantamiento del área circundante con dron (SiGIS Venezuela). Fotografías tomadas el 19 de julio de 2026.

9.5.5 Asentamientos y daños en los cimientos

En Los Corales, que está cerca de Caraballeda, la superficie del suelo alrededor de un edificio de una sola planta se asentó hasta 205 mm con respecto a la estructura, dejando al descubierto la parte inferior de la losa del suelo (Figura 9-15). El asentamiento se observó únicamente en la esquina suroeste, lo que implica una fuente superficial y lateralmente variable: ya sea una lente licuable limitada o el asentamiento de un relleno mal compactado. Este es el único sitio en el conjunto de datos actual con un asentamiento diferencial medido entre el suelo y la estructura, y vale la pena volver a visitarlo con información del subsuelo solo por esa razón.

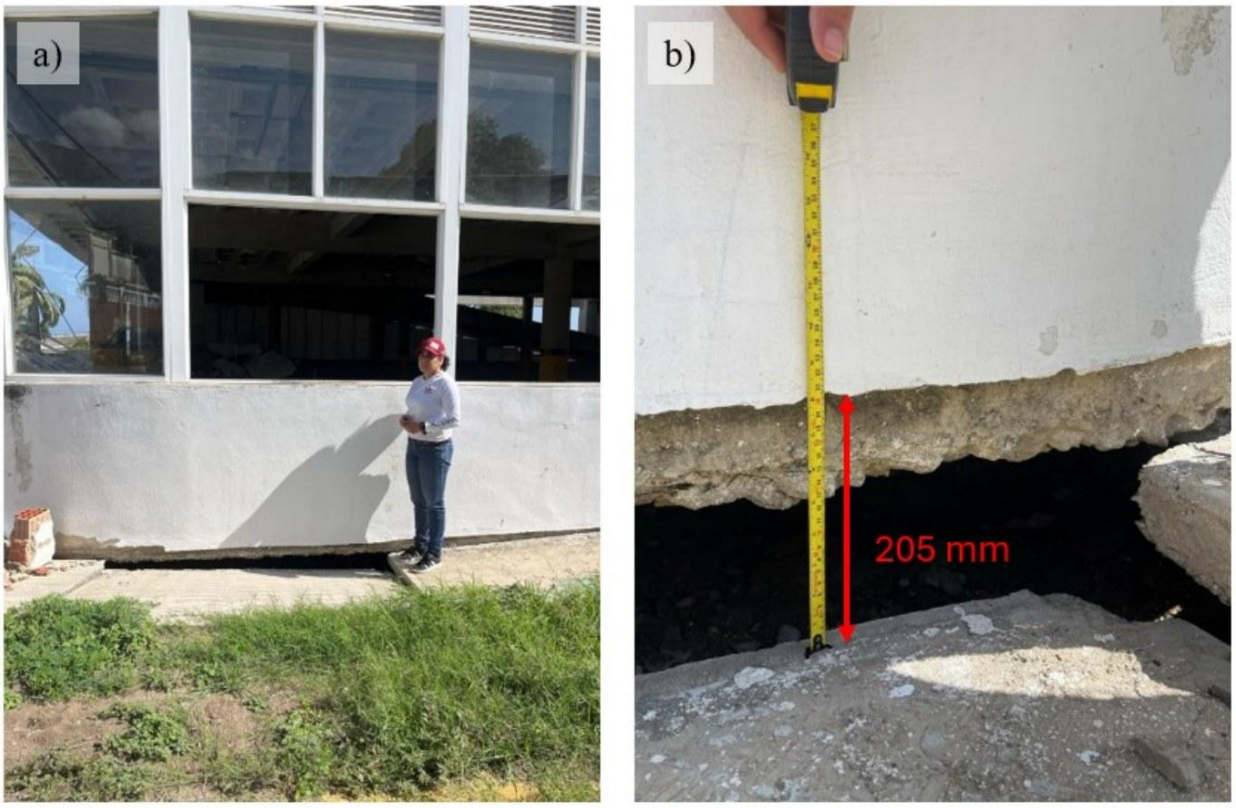


Figura 9-15. Los Corales, Caraballeda (10.616146°, –66.856982°): (a) asentamiento del terreno circundante en relación con un edificio de una sola planta; (b) asentamiento diferencial medido de 205 mm, observado solo en la esquina suroeste. Fotografías de E. Toro, 14 de julio de 2026.

En la terminal de autobuses de Catia La Mar, las losas del estacionamiento se desplazaron aproximadamente 270 mm. El equipo de inspección observó que la playa situada detrás del complejo no presentaba erosión, hundimientos ni volcanes de arena, y que un testigo presente en el sitio informó que el mar había retrocedido el día de los terremotos. Por lo tanto, el desplazamiento se reporta en este caso como un posible movimiento inducido por licuación que no se ha confirmado; el movimiento de bloques de las losas en una interfaz débil, o el asentamiento del relleno debajo de ellas, siguen coincidiendo igualmente con esta observación (Figura 9-16).

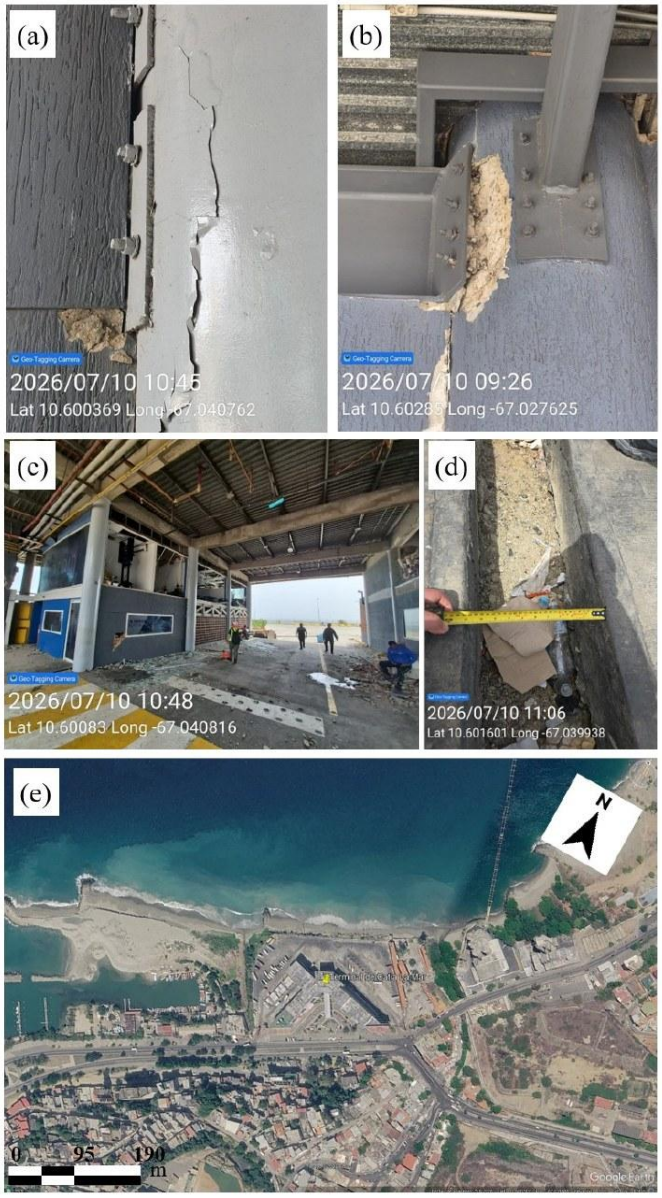


Figura 9-16. Terminal Catia La Mar (10.600856°, –67.040550°): (a–d) daños documentados el 10 de julio de 2026, incluyendo separación en las losas del estacionamiento, que se desplazaron aproximadamente 270 mm; (e) sitio en imágenes aéreas previas al evento (Google Earth, 21 de diciembre de 2025). Fotografías cortesía de E. Núñez, R. Mata et al.

9.5.6 Área epicentral y costa central

A pocos kilómetros del epicentro del terremoto de magnitud 7.2, la evidencia es de otro tipo: fisuras largas y profundas en tierras bajas aluviales cultivadas. En Pueblo Ferriar, una fisura se extiende aproximadamente 380 m paralela al río, a lo sumo unos 3 m del cauce (Figura 9-17). Un vídeo del municipio Veroes (Figura 9-18) muestra fisuras de escala comparable, grietas abiertas de un metro o más de profundidad que atraviesan campos de forma continua, cuyas posiciones aún no han sido inspeccionadas. Estos representan la expansión de sedimentos en bancos impulsada

por la licuación, tal como la describe el Dr. Franck Audemard en este video https://www.instagram.com/p/DaRgq1aswOa/. Se encuentran a un día de viaje del epicentro del sismo de magnitud 7.2 y siguen siendo accesibles para la verificación sobre el terreno. En la costa central, el agrietamiento de la playa y de la faja costera posterior al este de Puerto Cabello (Figura 9-19) y la evidencia georreferenciada de Boca de Aroa completan un panorama de activación en arenas costeras sueltas a lo largo de al menos 130 km de costa.

Especial atención merece el material de Boca de Aroa. Un vídeo documentado y posteriormente geolocalizado en el repositorio multimedia de StEER muestra volcanes de arena y el asentamiento de estructuras ligeras en un asentamiento costero de baja altitud sobre arenas sueltas, y el residente entrevistado describe cómo el agua y los sedimentos subían a través de las grietas durante el temblor: un relato de primera mano de un fenómeno que rara vez se capta. El sitio no ha sido visitado por ningún equipo de ingeniería y aparece marcado en la Sección 9.8 como una prioridad para la verificación sobre el terreno.

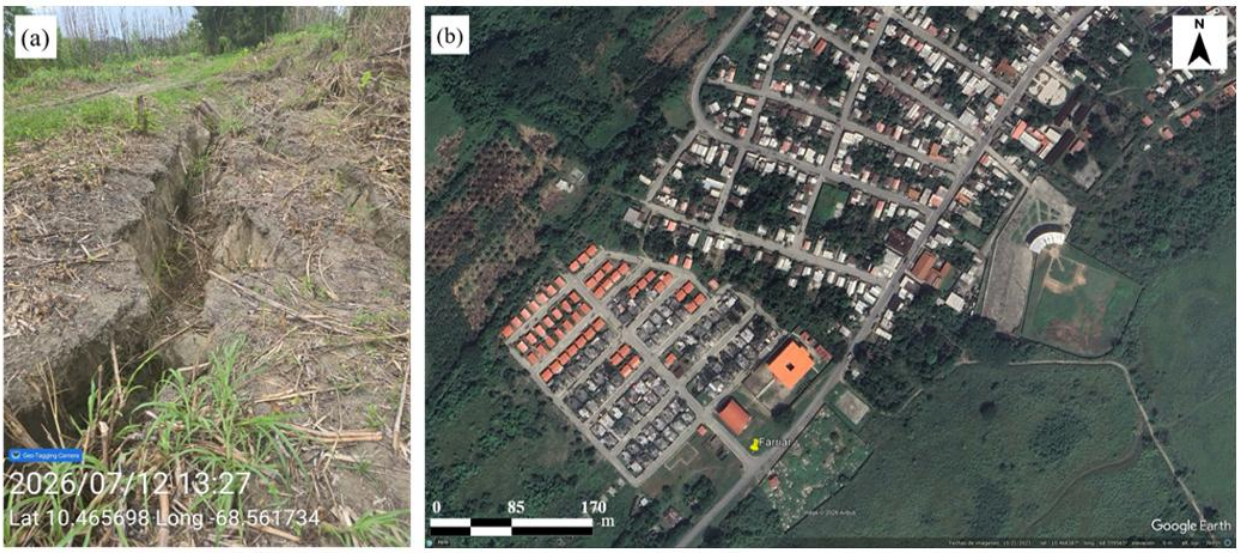


Figura 9-17. Pueblo Ferriar, Yaracuy (10.465698°, –68.561734°): (a) fisura paralela al río que se extiende aproximadamente 380 m, ubicada como máximo a unos 3 m del canal y aproximadamente a 4 km del epicentro de M7.5; (b) sitio en imágenes aéreas previas al evento (Google Earth, 21 de octubre de 2023). Fotografía cortesía de R. Mata, E. Núñez et al., 12 de julio de 2026.



Figura 9-18. Fisuras en el suelo de tierras aluviales cultivadas, municipio Veroes, Yaracuy, en la zona epicentral del terremoto de magnitud 7.2: (a) fisura abierta profunda con paredes casi verticales; (b, c) sistema de fisuras que se extiende continuamente a través de los campos, con residentes locales para referencia de escala. Fotogramas extraídos de videos públicos de redes sociales (usuarios de TikTok @edgarjaviercast42 y @notiyaradigital); aún no se han determinado las ubicaciones exactas.



Figura 9-19. Costa central al este de Puerto Cabello (aproximadamente 10.493206°, –67.743070°): (a, b) agrietamiento de la playa y de la faja costera posterior paralela a la costa, detrás de un muro de contención; (c) sitio en imágenes aéreas previas al evento (Google Earth, 7 de diciembre de 2024). Imágenes procedentes de redes sociales, geolocalizadas por el equipo de reconocimiento.

9.5.7 Evidencia negativa

La manifestación superficial de la licuación permanece sin documentar debajo de la mayoría de los bloques de edificios altos que se derrumbaron en Catia La Mar, Maiquetía, Macuto y Caraballeda, a pesar de que esos bloques se asientan sobre los mismos depósitos costeros que los sitios de licuación confirmados a unos cientos de metros de distancia. Persisten las siguientes explicaciones: una unidad no licuable de gravas y cantos rodados en abanico, lo suficientemente gruesa como para suprimir la expresión superficial, pero que aún permite el ablandamiento en profundidad; licuación confinada a lentes de arena discretos dentro de una secuencia de abanico predominantemente gruesa; enmascaramiento de los materiales eyectados por escombros de construcción y por el tráfico de demolición y limpieza; o ausencia real del desencadenante, donde

el daño al edificio es atribuible a un movimiento telúrico amplificado de larga duración que actúa sobre marcos de concreto reforzado sensibles al desplazamiento con relleno de mampostería sin refuerzo. Solo la investigación del subsuelo en los sitios de colapso permitirá diferenciarlos, y constituye el aspecto de máxima prioridad en la Sección 9.8.

9.6 Observaciones de apoyo provenientes de la geodesia satelital

Los productos de correlación de subpíxeles de imágenes ópticas que cubren el corredor costero muestran patrones de desplazamiento coherentes de norte a sur y de este a oeste en la línea costera de Caraballeda, Catia La Mar y la plataforma del aeropuerto (Figura 8-5 a la Figura 8-8). Estos productos están dominados por el desplazamiento tectónico, los residuos de ortorrectificación y la decorrelación sobre superficies modificadas, por lo que no deben interpretarse directamente como desplazamiento por falla del terreno. Aquí se utilizan únicamente para señalar que las anomalías localizadas en la línea costera coinciden espacialmente con las geoformas de desprendimiento lateral cartografiadas, y que la señal de la plataforma del aeropuerto coincide con una deformación controlada estructuralmente. El reprocesamiento con control terrestre local podría convertir estos productos en estimaciones de desplazamiento de valor de ingeniería en los sitios con desplazamiento lateral por licuación y en una restricción independiente sobre la deformación del aeropuerto; ambas recomendaciones se incluyen en la Sección 9.8.

9.7 Interpretación preliminar

Se proponen las siguientes hipótesis de trabajo para su discusión dentro del equipo. Son provisionales y ninguna está respaldada aún por datos del subsuelo.

- La licuación y el desprendimiento lateral de cara libre se concentran en las unidades costeras bajas: arenas de playa y de la zona posterior a la costa, rellenos de marinas y puertos, y depósitos de desembocaduras de ríos a elevaciones de pocos metros, siempre a decenas o cientos de metros de agua abierta. Los desplazamientos medidos tienen una escala de decímetros.
- La manifestación está fuertemente condicionada por la geomorfología de la zona. Las superficies de abanico ricas en grava y cantos rodados, formadas en gran medida por los flujos de detritos de 1999 y anteriores, muestran poca o ninguna expresión en la superficie, incluso donde las condiciones del temblor y de la capa freática eran comparables a las de los sitios donde sí se expresaron.
- La demanda se refiere a un sitio cercano a la fuente con una gran ruptura de desplazamiento lateral, una larga duración efectiva a partir de los terremotos y amplificación dentro de una cuña sedimentaria acuífera, potente y blanda, en lugar de la modesta demanda de campo lejano sugerida por la distancia epicentral.
- Varias observaciones siguen siendo compatibles con más de un mecanismo. Se informa el desplazamiento de la losa de la Terminal Catia La Mar y el asentamiento de Los Corales manteniendo esa ambigüedad, en lugar de atribuirlos a la licuación por defecto.
- La relación entre la licuación y el derrumbe de edificios sigue sin resolverse. Nada en el conjunto de datos actual demuestra que el fallo del terreno sea un factor principal en

el derrumbe de edificios de gran altura, y nada descarta que el ablandamiento de los suelos de soporte haya sido un factor coadyuvante.

9.8 Una plataforma para la investigación: Casos históricos, necesidades de datos y agenda

Esta sección organiza las observaciones en los productos de investigación en los que pueden convertirse, de modo que las mediciones perecederas se registren mientras aún existen. La Tabla 9-6 enumera los potenciales casos históricos disponibles en el material de este capítulo, la pregunta que cada uno puede responder y los datos que aún faltan. Se llevó a cabo una primera campaña de Pruebas de Penetración Estándar (SPT, por sus siglas en inglés) en el complejo de viviendas Urbanismo Hugo Chávez en Catia La Mar (Figura 9-20), con sondeos distribuidos por todo el complejo; al momento de preparar este informe no estaban disponibles los registros y los recuentos de golpes y servirán de base para las evaluaciones que den lugar a las próximas pruebas.

Tabla 9-6. Potenciales casos históricos extraídos del material de este capítulo, y los datos necesarios para completarlos.

Caso histórico	Pregunta de investigación que puede responder	Todavía se requieren datos
Marina de Catia La Mar (Club Náutico, Marina Deportiva) y Marina de Caraballeda	Desplazamiento por desprendimiento lateral en función de la altura de la cara libre y del tipo de relleno	Transectos de levantamiento del ancho de las grietas y del desplazamiento acumulado; historial de colocación del relleno; pruebas de penetración de cono y perfiles de velocidad de ondas de corte
Corredor Av. José María España, Caraballeda	Expansión de una superficie en forma de abanico con pendiente suave a 100-250 metros de la cara libre	Transectos de desplazamiento perpendiculares a la línea costera; perfil del subsuelo; registros de pavimentación tal como fue construido
Accesos al puente de Camurí Chico y San Julián	Desprendimiento lateral del terraplén de acceso hacia los canales; interacción entre el estribo y el terraplén	Levantamiento de los desplazamientos y asentamientos de los terraplenes; geometría y materiales del terraplén; secciones transversales del canal
Asentamiento diferencial de Los Corales	Fuente de asentamiento superficial y lateralmente variable debajo de una estructura liviana	Pozos de sondeo con muestreo y pruebas de penetración estándar en la esquina asentada y lejos de ella; detalles de la cimentación; aguas subterráneas
Desplazamiento de la losa de la terminal de Catia La Mar	Discriminación entre licuación, deslizamiento de la interfaz y asentamiento del relleno	Perfil del subsuelo; levantamiento del estado de la losa y la subrasante; levantamiento de los desplazamientos

Caso histórico	Pregunta de investigación que puede responder	Todavía se requieren datos
Sistema de grietas en la plataforma del aeropuerto	Discriminación entre la deformación del terreno controlada estructuralmente y la licuación; la profundidad de la grieta como factor discriminante	Excavación de zanjas o estudios geofísicos a lo largo de la alineación de la grieta; reprocesamiento geodésico; catálogo sistemático de la profundidad de las grietas

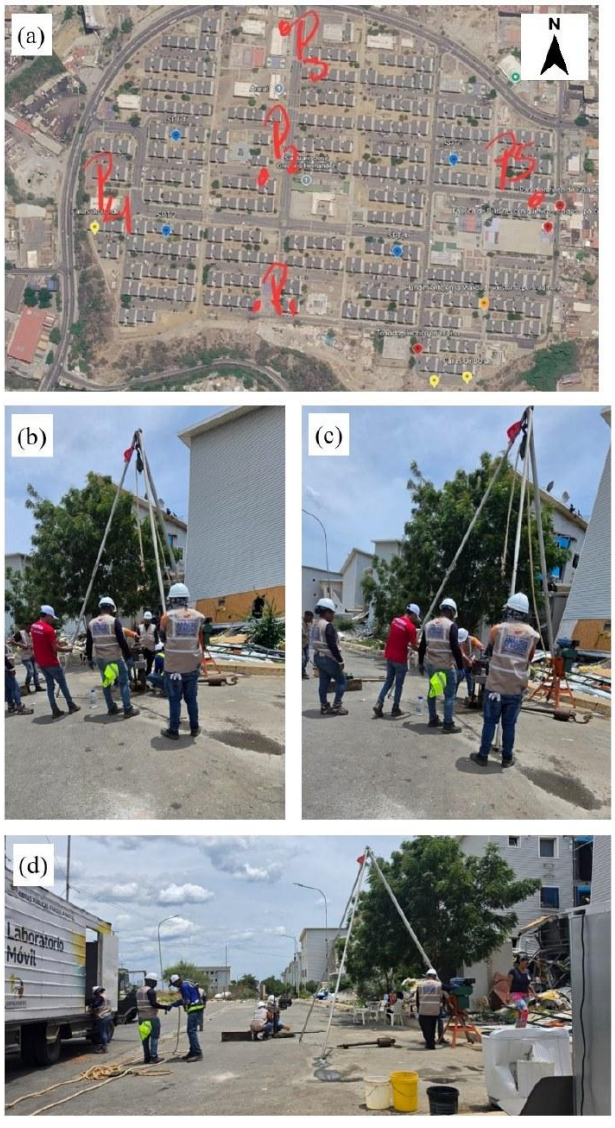


Figura 9-20. Investigación geotécnica de campo en el Urbanismo Hugo Chávez, Catia La Mar (aproximadamente 10.607685°, –67.023763°): (a) distribución de los puntos de investigación de SPT en todo el desarrollo; (b–d) operaciones de perforación y de la prueba de penetración estándar en el sitio. Se incorporarán los registros y los recuentos de golpes. Fotografías cortesía de L. Fargier et al.

Acciones recomendadas, en orden aproximado de prioridad y de caducidad:

- Documentación con calidad de levantamiento de las expansiones laterales mientras permanecen abiertas: altura de la cara libre, distancia desde la cara, anchura de la fisura y desplazamiento acumulado a lo largo de los transectos en los puertos deportivos y a lo largo del corredor de Caraballeda. Esta es la información que convierte estos sitios en historiales de casos útiles.
- La medición de la profundidad de las grietas como protocolo de campo rutinario, dado su valor para diferenciar la fisuración por licuación de la deformación más profunda controlada estructuralmente.
- El perfilado mediante prueba de penetración de cono (CPT) junto con la prueba SPT que ya se hizo en el Urbanismo Hugo Chávez, se extendió a los sitios de marinas y el corredor de la Av. José María España, para que los dos conjuntos de datos puedan calibrarse de forma cruzada para estos materiales de relleno y de abanico.
- Se hizo una investigación comparativa en los sitios del derrumbe y en los bloques adyacentes que tuvieron un buen desempeño, para comprobar directamente si las condiciones del terreno permitían diferenciarlos.
- Muestreo y clasificación de los materiales eyectados que sobrevivieron y de las arenas de origen, antes del retrabajo sobre las playas.
- Perfilado de la velocidad de las ondas de corte hasta al menos 30 m en sitios representativos y la reocupación de los puntos de medición de Romero et al. (2006) donde sea posible, para vincular los perfiles locales con el modelo de profundidad al basamento existente.
- Mediciones del nivel freático en cada punto de investigación, registradas con la fecha y el estado de la marea según la proximidad a la costa.
- Verificación sobre el terreno de los campos de fisuras de Veroes y de Boca de Aroa, ambos documentados actualmente solo mediante vídeos.
- Reprocesamiento de los productos de correlación óptica con el control en terreno local, para determinar si es posible obtener estimaciones de desplazamiento de utilidad para la ingeniería en los sitios de desplazamiento lateral por licuación.
- Obtención de estimaciones de demanda instrumental o macrosísmica para el corredor, sin las cuales ninguno de los historiales de casos desencadenantes puede llevar parámetros de carga defendibles.
- Coordinación con los demás grupos de autores que trabajan en este corredor, para que los sitios omitidos en este capítulo puedan consultarse de forma cruzada en lugar de duplicarse en el informe final.

9.9 Fuentes de datos y atribuciones

Las fotografías de campo reproducidas en este capítulo fueron aportadas por los equipos de campo de GEER, incluyendo a Francisco Pinto, Ramón Mata, Eduardo Núñez, Luis Fargier, Ernesto Toro,

Isabella Sanchez, y miembros de la SVDG. Los fotogramas de video de la Figura 9-18 provienen de publicaciones públicas en redes sociales. Se difundieron imágenes adicionales en las redes sociales, se compartieron a través de la red E2SCALA y el equipo de reconocimiento las geolocalizó comparándolas con imágenes de Google Earth previas al evento. El inventario de deformaciones del terreno se elaboró a partir de imágenes aéreas, tal como se describe en la Sección 7. Los productos de desplazamiento de la superficie son distribuidos por el USGS. Las atribuciones individuales se incluyen en las leyendas de las figuras y en la Tabla 9-4.

9.10 Referencias

Audemard, FA y De Santis, F. (1991). Survey of liquefaction structures induced by recent moderate earthquakes [Levantamiento de estructuras de licuación inducidas por terremotos moderados recientes]. IAEG-AIGI, 44: 5 – 16.

Rodríguez, L.M., Audemard, F.A. y Rodríguez, J.A. (2006). Casos históricos de licuación de sedimentos inducidos por sismos en Venezuela desde 1530. *Revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela*, **21**(3), 5–32.

Romero, M., Cragno, A., Schmitz, M. y Ambrosio, R. (2006). Caracterización de suelos con métodos geofísicos en La Guaira, Macuto, Caraballeda y Tanaguarena, estado Vargas, Venezuela. Boletín Técnico IMME, 44(1), 16–29.

StEER (2026). June 24 Venezuela Earthquake Sequence: Preliminary Virtual Reconnaissance Report (PVRR) and media repository [Informe preliminar de reconocimiento virtual (PVRR) y repositorio de medios]. DesignSafe-CI project PRJ-6380, doi:10.17603/ds2-yd90-gt80. Publicado el 30 de julio de 2026.

NZSEE Learning from Earthquakes (2026). VERT Venezuela June ’26 Significant Event Report, Versión 1.0, 2 de julio de 2026. New Zealand Society for Earthquake Engineering.

Wieczorek, G.F., Larsen, M.C., Eaton, L.S., Morgan, B.A. y Blair, J.L. (2001). Debris-flow and flooding hazards associated with the December 1999 storm in coastal Venezuela and strategies for mitigation [Peligros de flujos de detritos e inundaciones asociados con la tormenta de diciembre de 1999 en la costa de Venezuela y estrategias de mitigación]. U.S. Geological Survey Open-File Report 01-0144.

Zhu, J., Baise, L.G. y Thompson, E.M. (2017). An updated geospatial liquefaction model for global application [Un modelo geoespacial actualizado de licuación para aplicación global]. Bulletin of the Seismological Society of America, 107(3), 1365–1385, doi:10.1785/0120160198.

U.S. Geological Survey (2026). M 7.5 — Venezuela, event us6000t7zp: ShakeMap and finite-fault products. https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us6000t7zp

10. ESTABILIDAD S Í SMICA DE TALUDES Y PELIGROS COMPUESTOS

Tabla 10-1. Autores principales de esta sección

Nombre	Afiliación
Lorne Arnold	Profesor asistente en la Universidad de Washington Tacoma, EE. UU.
Patricia Varela	Geóloga sénior, Geosyntec Consultants, Inc.
Karol Sánchez	Estudiante de posgrado y asistente de investigación en la Universidad Estatal de Carolina del Norte, EE. UU.
Celso Castro-Bolinaga	Profesor asociado en la Universidad Estatal de Carolina del Norte, EE. UU.
Eduardo García	Universidad Central de Venezuela

Los terremotos del 24 de junio de 2026 provocaron extensos deslizamientos de tierra en la Cordillera de la Costa al norte de Caracas. Se identificaron más de 650 deslizamientos de tierra o zonas afectadas por deslizamientos a partir de imágenes satelitales posteriores al evento, complementadas con fotografías de campo proporcionadas por los equipos de campo de GEER. Como se muestra en la Figura 10-1, se revisaron imágenes en dos de las varias áreas de interés donde había imágenes disponibles. Los mapas de fallas del terreno del USGS y la evaluación preliminar de las áreas afectadas por los terremotos (Figura 10-2) se utilizaron para priorizar las áreas de revisión. Las áreas A y B presentan concentraciones de deslizamientos de tierra importantes o extendidos e impactos en carreteras, según la evaluación preliminar del USGS. Además, la Zona A tiene una alta densidad de población en Caracas, Catia La Mar y Caraballeda.

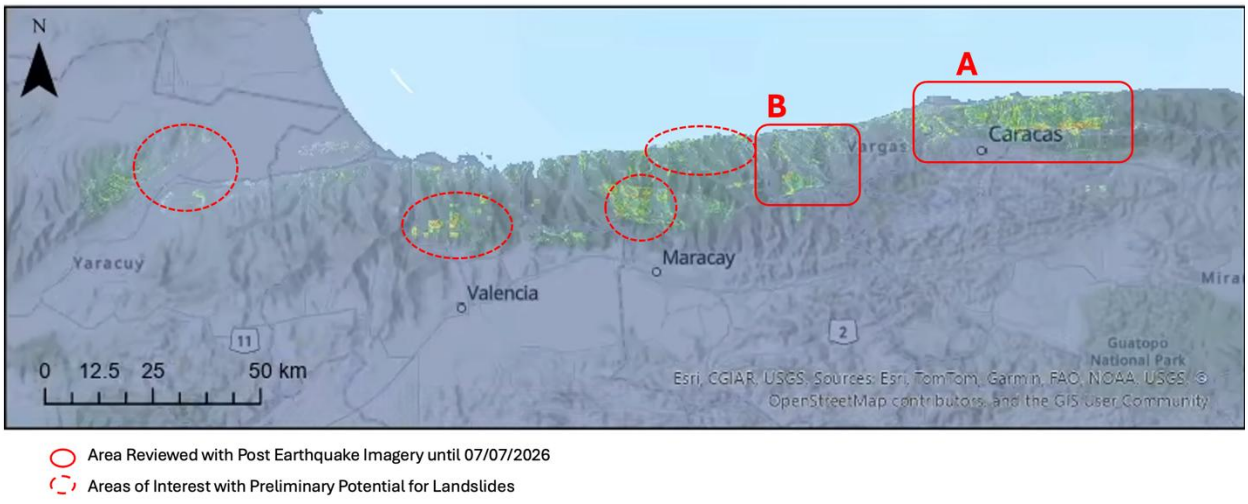


Figura 10-1. Áreas revisadas (A y B, líneas continuas) y áreas de interés por actividad de deslizamientos de tierra (líneas discontinuas). Coloración de fondo a partir de las probabilidades del modelo de deslizamientos de tierra del USGS (Nowicki Jessee et al., 2018) con una resolución de ~250 m. El color azul indica menor susceptibilidad a los deslizamientos y el color rojo indica mayor susceptibilidad.

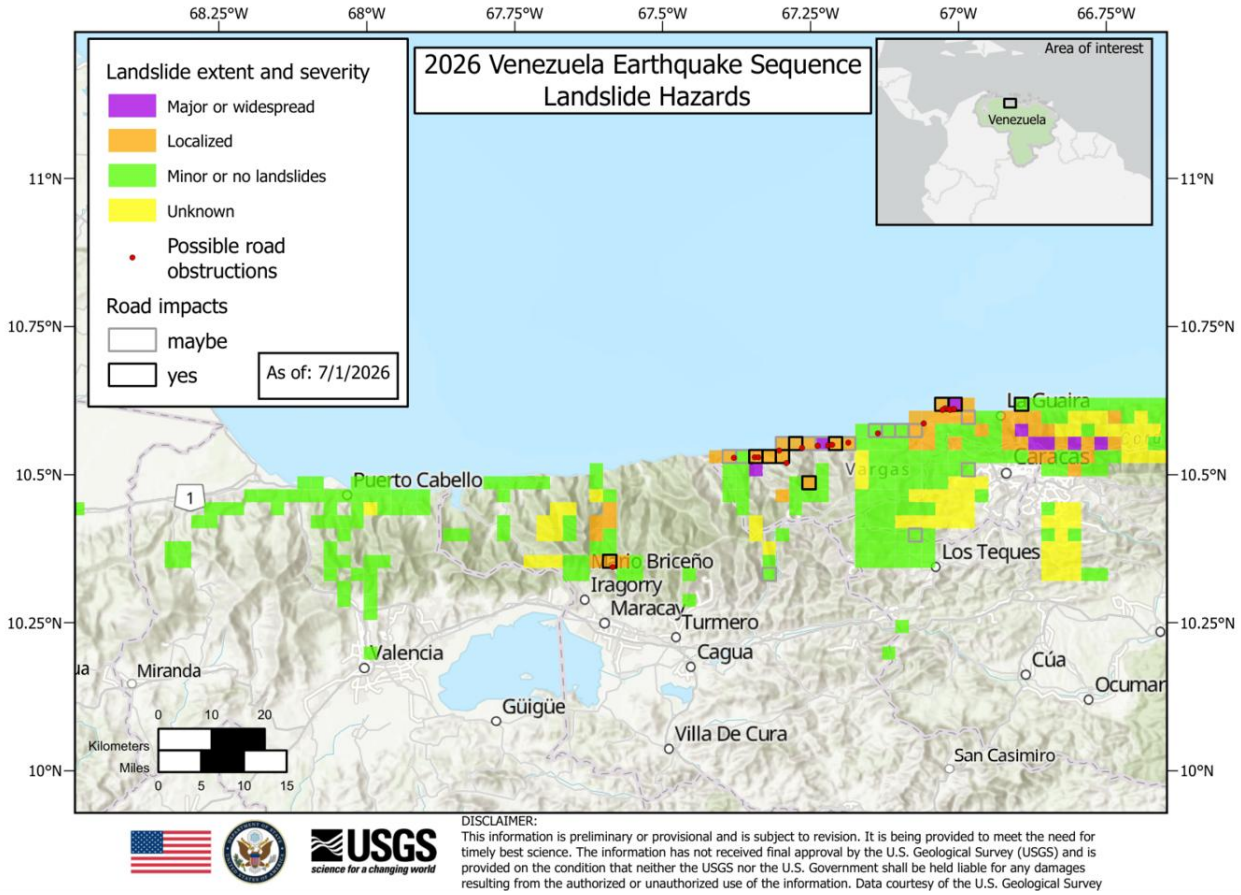


Figura 10-2. Evaluación de la extensión y gravedad de deslizamientos de tierra mediante imágenes del USGS (al 01/07/26, 4:30 PM MDT), pendiente por verificar. El color se basa en la evaluación remota del USGS. El impacto del deslizamiento de tierra se clasifica como "Desconocido" (amarillo), "Menor o nulo" (verde), "Localizado" (naranja) o "Importante o extendido" (púrpura). Las zonas donde la carretera se ve afectada por deslizamientos de tierra están delimitadas en gris ("posiblemente" afectadas) y en negro ("sí", afectadas). Los posibles puntos de obstrucción en carretera están representados por un punto rojo. Cada recuadro es una celda de cuadrícula de 2.5 km x 2.5 km. Las celdas de la cuadrícula que no tienen un color indicado aún no se han evaluado. Recuperado de https://www.usgs.gov/programs/landslide-hazards/science/2026-venezuela-sequence-earthquake-triggered-landslide-hazards el 27 de julio de 2026.

La distribución de los deslizamientos de tierra observados en las áreas A y B (véase la Figura 10-1) se muestra en la Figura 10-3. Los deslizamientos de tierra en el Área A se marcaron con polígonos. Los deslizamientos de tierra en el Área B se marcaron con líneas de traza. Ambos conjuntos de datos están disponibles en DesignSafe. La mayor parte de la actividad de deslizamientos de tierra observada se concentró en el terreno montañoso entre Caracas y la costa, particularmente en las laderas inmediatamente al sur de Macuto y Caraballeda.

Los deslizamientos de tierra observados fueron típicamente pequeños y superficiales, afectando al suelo residual y al coluvión, con deslizamientos ocasionales de mayor tamaño y áreas donde deslizamientos históricos se reactivaron.

Este inventario es preliminar. Las zonas afectadas por los deslizamientos de tierra se delimitaron mediante la interpretación visual de imágenes satelitales posteriores al evento y no han sido sometidas a un control de calidad formal ni a una verificación en el terreno. Las zonas de origen y las trayectorias de recorrido coalescentes no se discretizaron de manera uniforme, y es probable que los deslizamientos pequeños o los que quedan ocultos por la vegetación no se hayan contabilizado totalmente. Por lo tanto, los recuentos y las áreas que se informan aquí deben interpretarse como una caracterización del orden de magnitud de los deslizamientos de tierra cosísmicos, en lugar de un inventario verificado.

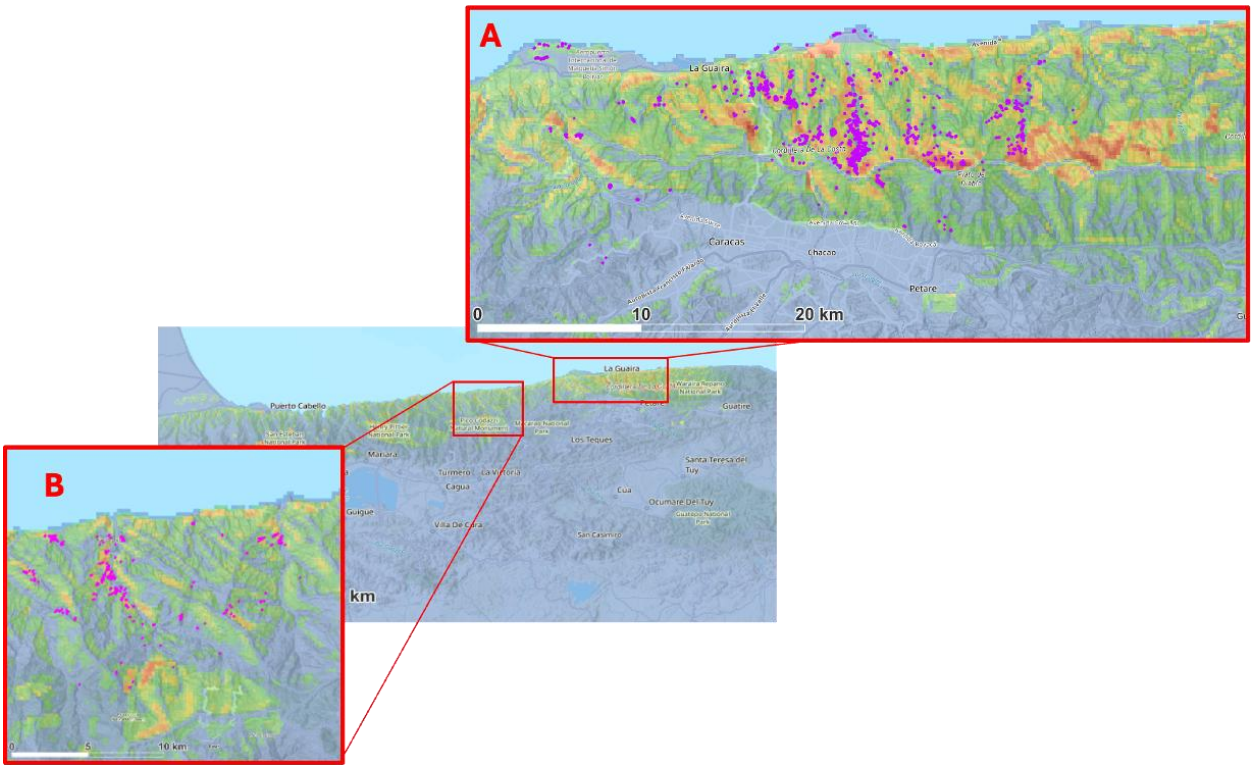


Figura 10-3. Deslizamientos de tierra cartografiados identificados a partir de imágenes satelitales en las áreas A y B. Color de fondo según las probabilidades del modelo de deslizamientos de tierra del USGS (Nowicki Jessee et al., 2018) con una resolución de ~250 m. El color azul indica menor susceptibilidad y el color rojo indica mayor susceptibilidad. Los puntos magenta indican la ubicación de los deslizamientos de tierra provocados por el terremoto del 24 de junio, según los mapas elaborados por el equipo GEER a partir de imágenes satelitales tomadas antes y después del sismo.

10.1 Antecedentes de la actividad de deslizamientos de tierra

La Cordillera de la Costa se eleva abruptamente desde el Mar Caribe, alcanzando altitudes superiores a los 2.000 m en un radio de 5 a 20 km de la costa. Los suelos de estas montañas tienen generalmente un espesor de 0.5 a 3 m (Salcedo, 2000).

La cordillera sufre regularmente pequeños deslizamientos de tierra que proporcionan una tasa base de deposición coluvial. La evidencia de esta actividad de fondo fue evidente en las imágenes previas al evento: durante el mapeo, se encontró que características que se parecían a deslizamientos de tierra cosísmicos recientes en las imágenes posteriores al evento estaban presentes en varios casos antes de los terremotos y fueron excluidas del inventario (ver por ejemplo la Figura 10-4). Esta actividad de fondo no se cuantificó y no se dispone de datos publicados sobre las tasas de deslizamientos de tierra de fondo para la región; sin embargo, según las observaciones, los deslizamientos de tierra cosísmicos fueron sustancialmente más extensos que la actividad previa al evento visible en las imágenes. Algunas zonas que antes sufrían deslizamientos experimentaron una reactivación. En el caso de deslizamientos superficiales preexistentes, la reactivación se hizo evidente por la pérdida de vegetación en la zona de escarpe y por el cambio de color y aspecto de la superficie del deslizamiento existente.

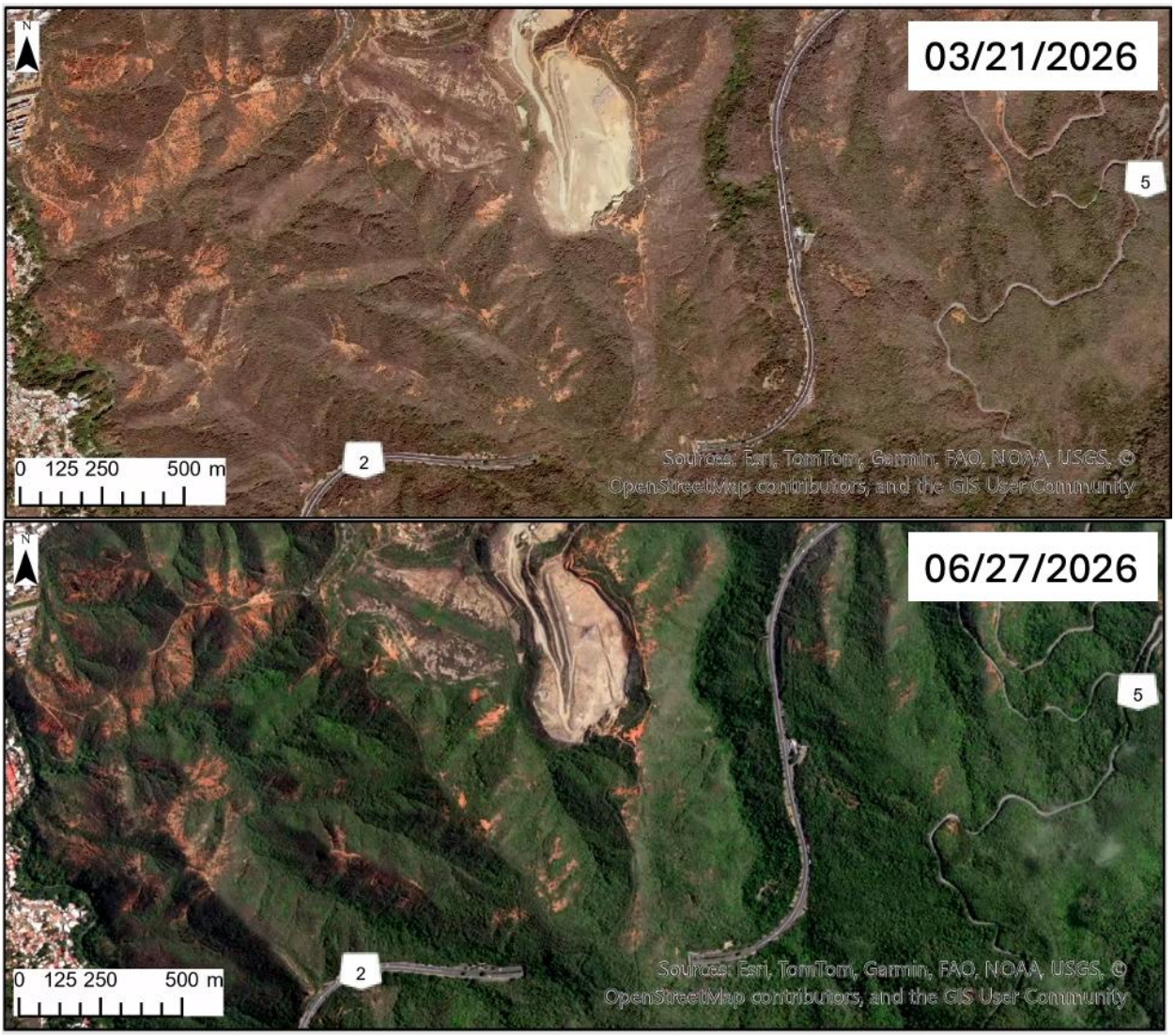


Figura 10-4. Área de ejemplo (10.5824865°, −67.0005823°) con numerosos deslizamientos observables en las imágenes posteriores al terremoto que también son visibles en las imágenes anteriores al

terremoto. Los deslizamientos de tierra preexistentes no se cartografiaron a menos que se observaran indicios de reactivación. Imágenes aéreas de Vantor.

10.2 Tendencias

Los deslizamientos de tierra cartografiados muestran una marcada orientación hacia el noreste en la dirección de la pendiente del terreno. La Figura 10-5 presenta la distribución de deslizamientos de tierra cartografiadas por el equipo GEER según la orientación promedio de la ladera (calculada a partir de un modelo de elevación digital con una resolución de 30 m), con cada pétalo apilado según la pendiente máxima del terreno. El componente hacia el este de la tendencia es consistente con un efecto de asimetría, que se espera cerca de una falla con desplazamiento permanente tectónico hacia el oeste (Garini et al., 2011). La componente norte de la tendencia es consistente con un efecto de atenuación: el movimiento del suelo tenderá a ser más fuerte en el lado norte de la Cordillera de la Costa, que está más cerca de la falla. Esta observación también coincide con la susceptibilidad a los deslizamientos de tierra; hay más deslizamientos al norte de la cima de El Ávila, donde se ve la mayor parte del color rojo. Esta es también la ladera de la montaña donde se han producido anteriormente flujos de detritos.

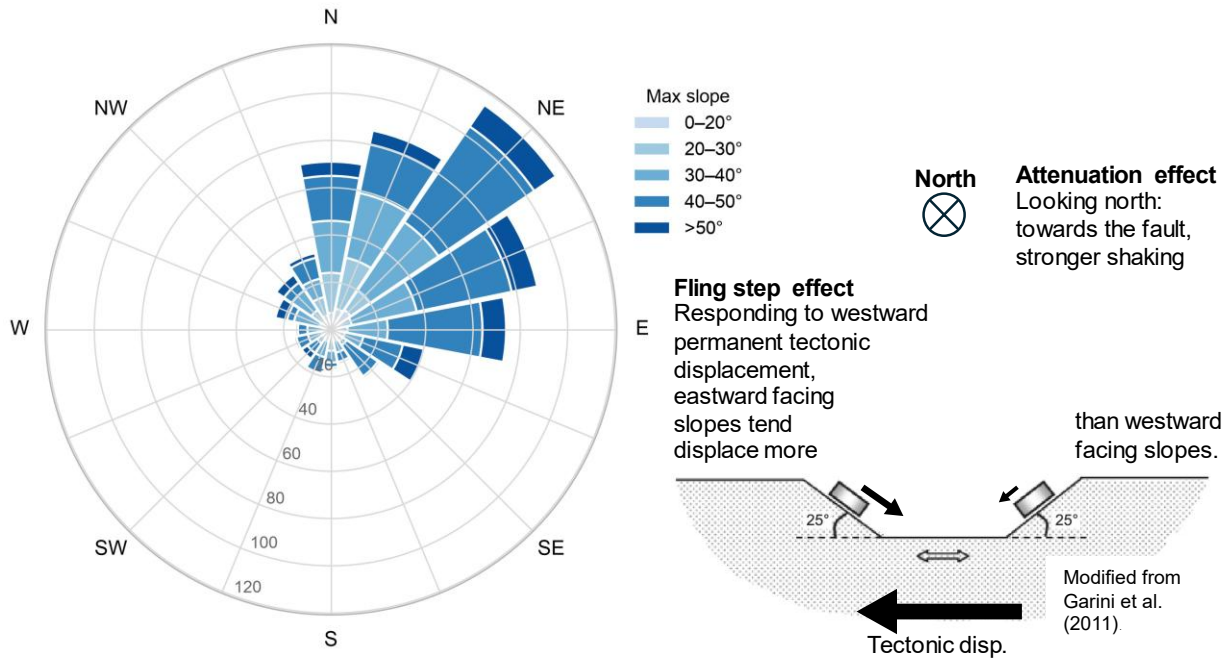


Figura 10-5. Recuento de deslizamientos de tierra observados en las áreas de imágenes A y B según la orientación de la ladera. Los colores indican el ángulo máximo de la ladera calculado en base a un modelo de elevación digital con una resolución de 30 metros. La tendencia hacia el este refleja un efecto de asimetría. La tendencia hacia el norte refleja la posición de la Cordillera de la Costa en relación con la falla.

10.3 Intersección con los aludes torrenciales de diciembre de 1999

Del 1 al 17 de diciembre de 1999, un evento hidrometeorológico de gran magnitud produjo un total de 1.207 mm de lluvia (medidos en la estación hidrometeorológica de Maiquetía) a lo largo de la Cordillera de la Costa al norte de Caracas, con una cantidad excepcionalmente alta de 911

mm de lluvia (~75%) registrada entre el 14 y el 16 de diciembre (López, 2020). El evento hidrometeorológico desencadenó miles de deslizamientos de tierra superficiales (deslaves) en las primeras horas del 16 de diciembre, lo que a su vez provocó aludes torrenciales que impactaron las comunidades costeras ubicadas en los abanicos aluviales en la base de la montaña (Figura 10-6), destruyendo propiedades e infraestructura, además de causar la muerte de más de 15.000 personas (Larsen et al., 2001; Larsen et al., 2006). Se estima que se depositaron 20 millones de metros cúbicos de sedimento en los abanicos aluviales (López, 2020), con un tamaño de sedimento que varió desde arcilla y arena hasta grandes peñones (Larsen et al., 2001), y depósitos de sedimento que variaron entre 2 y 4 metros de espesor (Larsen y Wieczorek, 2006). Como se muestra en la Figura 10-7, las condiciones posteriores al evento de diciembre de 1999 se caracterizaron por deslizamientos de tierra densamente distribuidos y remoción de vegetación en las laderas norte de la montaña, acompañados de plumas de sedimento suspendidos en la costa causadas por material transportado al mar durante el evento (Larsen et al., 2001; Rodríguez et al., 2001; Urbani, 2000). El objetivo de esta sección es esclarecer la posible relación entre aludes torrenciales de diciembre de 1999 y los terremotos de 2026. López (2020) ofrece una descripción detallada de los aludes torrenciales de diciembre de 1999, incluyendo la implementación de medidas de mitigación posteriores al evento.

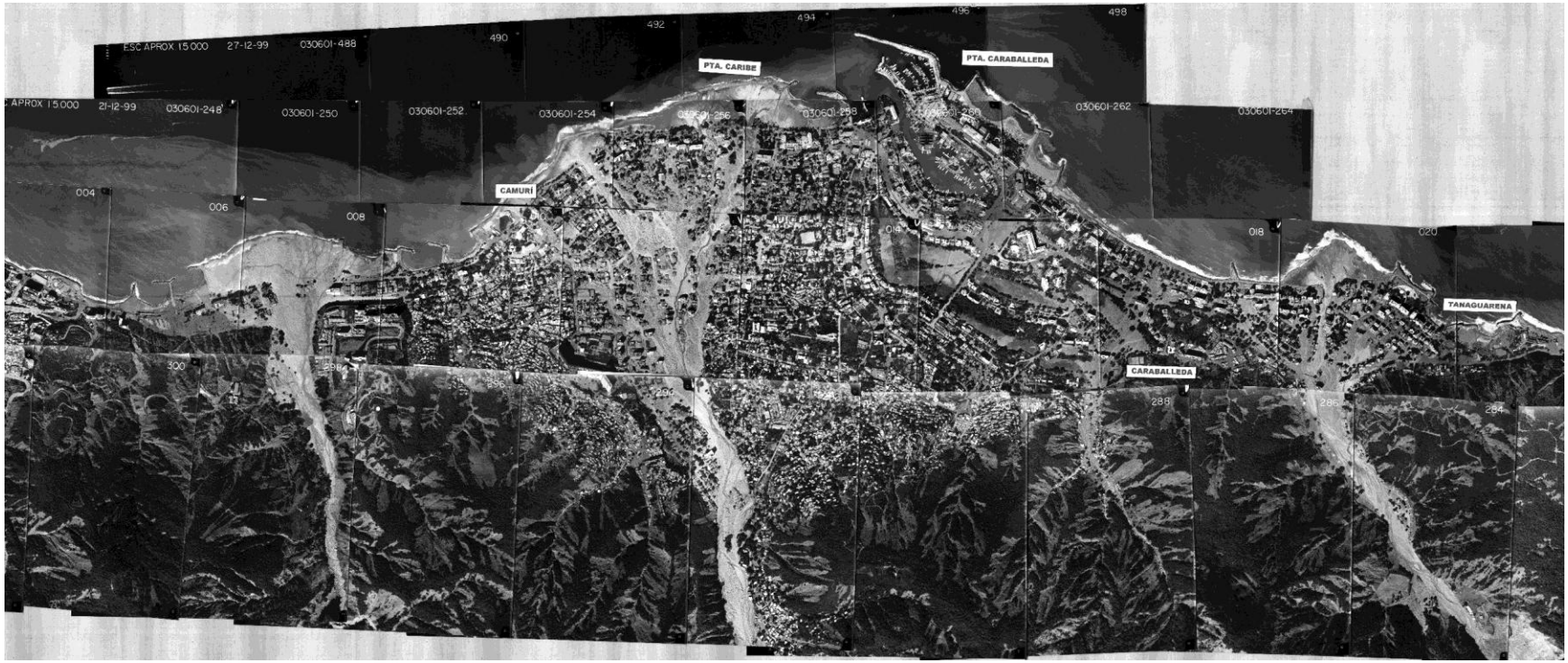


Figura 10-6. Ejemplo de los impactos causados por aludes torrenciales de diciembre de 1999, que muestra específicamente los sedimentos depositados a lo largo de los abanicos aluviales alrededor de Caraballeda. Fuente: Cartografía Nacional mosaicos de fotografías aéreas proporcionadas por el Instituto de Mecánica de Fluidos de la Universidad Central de Venezuela (IMF-UCV).

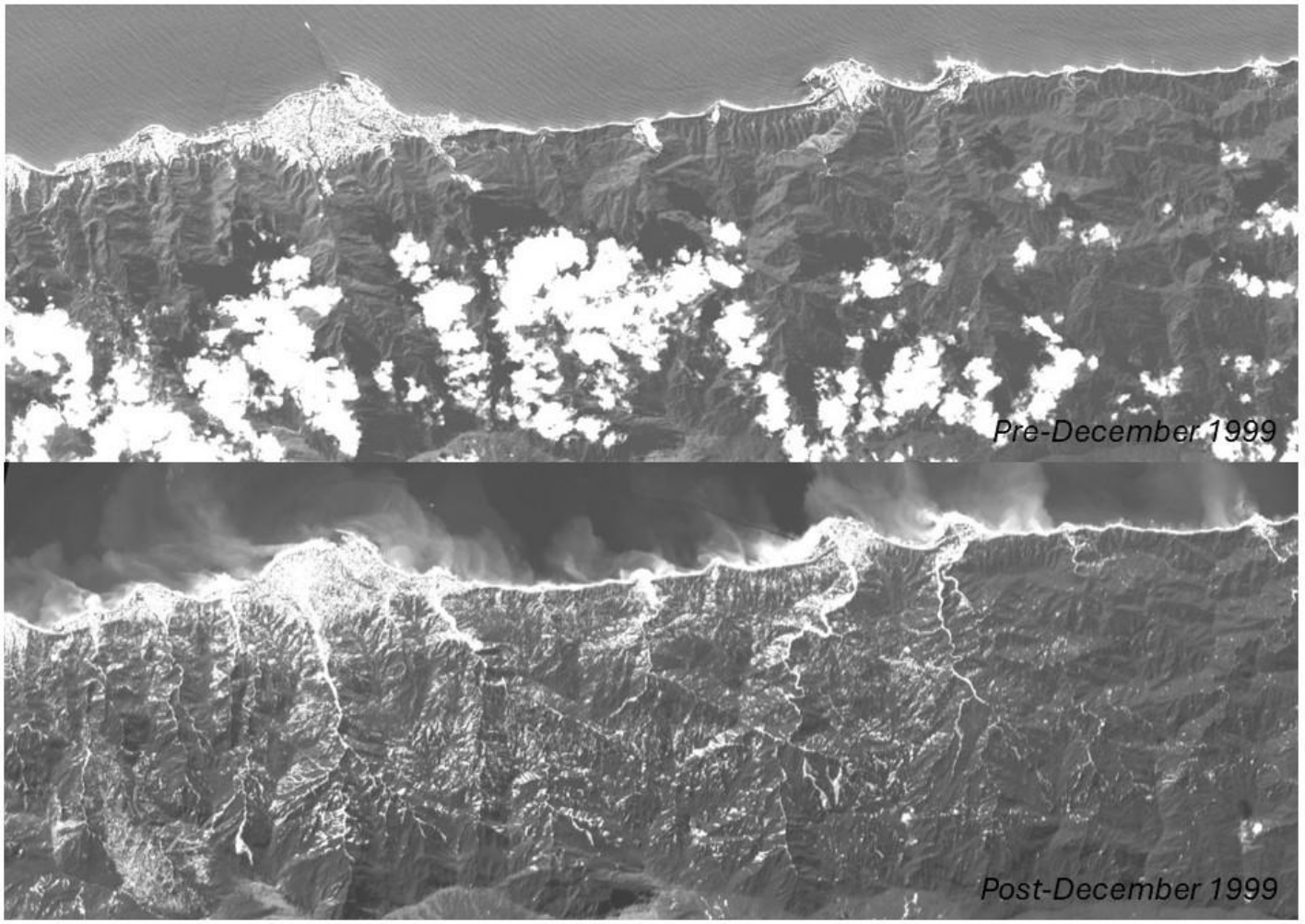


Figura 10-7. Imágenes satelitales que comparan las condiciones previas (arriba) y posteriores (abajo) al evento de aludes torrenciales de diciembre de 1999, mostrando las cicatrices generadas por deslizamientos de tierra y eliminación de vegetación en las laderas de la montaña, desde la cuenca de Alcantarilla en el oeste hasta la cuenca de Anare en el este. Fuente: Imágenes satelitales proporcionadas por el Instituto de Mecánica de Fluidos de la Universidad Central de Venezuela (IMF-UCV).

La extensión de los depósitos de sedimentos por cuenca tras los eventos de diciembre de 1999 se cartografió en relación con la ubicación de las estructuras afectadas por los terremotos de 2026, como se muestra en la Figura 10-8. En este documento, los datos sobre las estructuras afectadas por el terremoto se obtuvieron de crisisvenezuela.org (último acceso el 30 de junio de 2026), que representan una combinación entre colapso total, daños graves, daños parciales y daños leves. Además, la delimitación de las cuencas hidrográficas a lo largo de la costa se realizó utilizando un modelo de elevación digital (Shuttle Radar Topography Mission, SRTM). El modelo de elevación digital tiene una resolución espacial aproximada de 30 m, utiliza un datum horizontal WGS 84 y las elevaciones están referenciadas al datum vertical EGM96. El archivo GeoTIFF se descargó del Geoportal Provita (EROS Center, 2018; Provita, s.f.). Para la delimitación de las cuencas hidrográficas, se incluyó el área correspondiente al abanico aluvial utilizando la identificación de cuencas hidrográficas presentada en López y Pérez-Hernández (2010, Fig. 2, p. 30). La delimitación espacial de los depósitos de sedimentos se llevó a cabo mediante la integración de tres fuentes de datos principales. En primer lugar, se utilizó el Mapa 1 del Informe de Archivo Abierto 01-144 del USGS (Wieczorek et al., 2001). Este mapa muestra la extensión de los flujos de detritos en determinados cauces fluviales, basándose en la interpretación de fotografías aéreas y estudios de campo. Cabe señalar que este mapa abarca principalmente los cauces fluviales visitados por el equipo USGS-MARN y, por lo tanto, no constituye un inventario completo de todas las cuencas hidrográficas afectadas. En segundo lugar, se utilizaron los mapas de distribución de sedimentos y de desbordamiento de lodo y rocas elaborados por la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA) después del evento, tal como se cita en el informe final del Proyecto Ávila (IMF-UCV, 2002). Por último, para las cuencas de Alcantarilla y Germán, se creó una aproximación visual basada en mosaicos de fotografías aéreas proporcionados por el Instituto de Mecánica de Fluidos de la Universidad Central de Venezuela (IMF-UCV).

Los resultados mostrados en la Figura 10-8 indican que hubo una superposición general entre los depósitos de sedimentos y la distribución espacial de las estructuras afectadas durante los terremotos de 2026 (crisisvenezuela.org), con un grado de superposición que depende de las características de la cuenca hidrográfica. Por ejemplo, se observó una alta superposición en la cuenca de Cerro Grande, que presentó una huella de depósito de sedimentos relativamente estrecha en su base, mientras que se observó una superposición parcial en la cuenca de San Julián, que presentó una huella de depósito de sedimentos más amplia. Cabe señalar que las cuencas hidrográficas ubicadas en la parte occidental del estado no se incluyeron porque los impactos del evento de 1999 no fueron tan pronunciados. Un estudio sobre la prevención de riesgos hidrometeorológicos y geodinámicos realizado en el marco del Programa de Prevención de Desastres y Reconstrucción Social (PREDERES) en las cuencas de Mamo, Tacagua y La Zorra indicó que las pendientes medias relativamente bajas de los ríos Mamo y Tacagua (del orden del 5-7%) probablemente contribuyeron a que el evento fuera menos catastrófico. Además, aunque Catia La Mar también experimentó inundaciones, impactos geomorfológicos y daños significativos, los depósitos de sedimentos no contenían grandes rocas y acumulaciones de material, las cuales fueron ampliamente observadas en las cuencas más gravemente afectadas en la parte oriental del estado (IMF-UCV y DH-UCV, 2007).

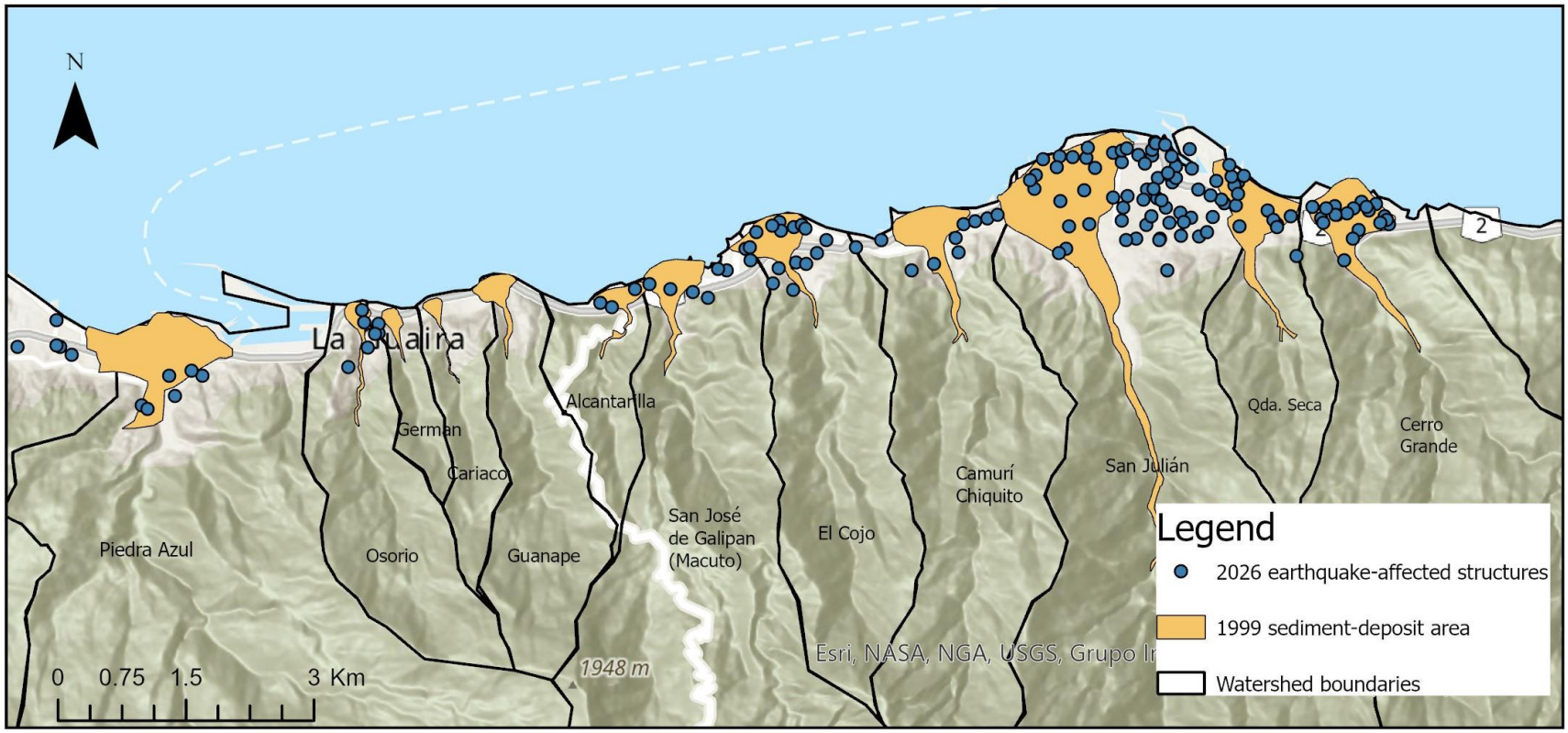


Figura 10-8. Intersección de las estructuras afectadas durante los terremotos del 24 de junio de 2026 (crisisvenezuela.org, consultado por última vez el 30 de junio de 2026) con los depósitos de sedimentos cartografiados tras los aludes torrenciales de diciembre de 1999. La extensión de los depósitos de sedimentos se recopiló de Wieczorek et al. (2001), mapas de JICA citados en Proyecto Ávila (FMI-UCV, 2002), y mosaicos de fotografías aéreas de Cartografía Nacional de diciembre de 1999 proporcionados por FMI-UCV.

En la Tabla 10-2 se presenta una síntesis de las cuencas hidrográficas más afectadas por aludes torrenciales de diciembre de 1999, integrando el área de drenaje, las características de los depósitos de sedimentos, y los volúmenes de sedimentos depositados. Esta tabla se elaboró integrando información procedente de múltiples fuentes que aplicaron diferentes métodos de observación y análisis. Las áreas de drenaje se obtuvieron de las delimitaciones de cuencas hidrográficas reportadas por IMF-UCV (2002) y Wieczorek et al. (2001). La caracterización de los depósitos combinó los mapas de distribución de sedimentos posteriores al evento preparados por JICA y reproducidos en el informe del Proyecto Ávila; observaciones de campo, interpretación de fotografías aéreas y comparaciones de perfiles topográficos previos y posteriores al evento presentados por IMF-UCV (2002); y los estudios de campo del USGS, que documentaron el espesor del depósito, las dimensiones máximas de los peñones, la composición de los sedimentos, los indicadores de profundidad del flujo y la evidencia de incisión a causa de inundaciones posteriores. Se recopilaron observaciones geológicas y geomorfológicas adicionales de Rodríguez et al. (2001) y López y Pérez-Hernández (2010). Los volúmenes depositados reportados fueron tomados de Córdova y González (2003), quienes compararon la topografía fotogramétrica pre y post evento a una escala de restitución de 1:1.000, incorporaron datos batimétricos post-evento, reconstruyeron el lecho marino aproximado pre-evento y calcularon las diferencias de volumen utilizando secciones transversales espaciadas cada 5 m a lo largo de los cursos de agua. Debido a que las fuentes originales difieren en escala, cobertura espacial, y métodos de recopilación de datos, la Tabla 10-2 debe interpretarse como una síntesis a nivel de cuenca hidrográfica de la evidencia disponible, en lugar de un conjunto de datos uniforme producido mediante una sola metodología.Tabla 10-2

Los resultados presentados en la Tabla 10-2 indican que la gradación de los depósitos de sedimentos tras el evento de 1999 varió desde acumulaciones de sedimentos finos hasta depósitos de flujos de detritos gruesos que contenían grandes peñones, con espesores que alcanzaron localmente los 9 m y dimensiones máximas de los peñones que superaron los 10 m en algunas cuencas. Es importante destacar que la cuenca de San Julián, que desemboca en la zona de Caraballeda, una de las más afectadas, presentó el mayor volumen depositado (~2,6 x 10^6 m^3) de sedimento compuesto principalmente (50 %) por grandes peñones (de hasta 5,6 m).

Tabla 10-2. Resumen de las características de la cuencas y de los sedimentos depositados por los aludes torrenciales de diciembre de 1999.

Cuenca hidrográfica	Área (km^2) (Nota 1)	Caracterización de los depósitos de 1999 (Nota 2)	Volumen depositado reportado en 1999 (m^3) (Nota 3)
Piedra Azul	21,1	Los afluentes La Seca y La Comadre aportaron una gran proporción del sedimento depositado en el abanico aluvial, incluyendo abundante material fino.	2.217.861
Osorio	4,5	Depósito de flujo de detritos, con una profundidad estimada de flujo de 3-6 m y un tamaño máximo de peñones de 3,2-7,1 m.	839.182

Cuenca hidrográfica	Área (km²) (Nota 1)	Caracterización de los depósitos de 1999 (Nota 2)	Volumen depositado reportado en 1999 (m³) (Nota 3)
Cariaco	1,34	Rocas de tamaño mediano y grande, sedimentos finos y escombros. El mapa de JICA mostraba profundidades de sedimentos de hasta aproximadamente 4 m cerca del canal.	-
Guanape	4,6	La comparación de los perfiles longitudinales previos y posteriores al evento indicó espesores máximos de depósito de aproximadamente 7-9 m cerca del cambio de pendiente en la entrada del abanico aluvial.	1.000.866
Alcantarilla	1,82	El USGS identificó una secuencia de flujo de detritos gruesos y deposición de sedimentos arenosos durante las inundaciones. Los depósitos tenían un espesor de entre 3,2 y 4,5 m, con tamaños máximos de bloques de entre 1,7 y 2,7 m. El proyecto Ávila describió el material como sedimento mayoritariamente fino y atribuyó parte del aporte de sedimentos finos a una cantera situada aguas arriba.	-
San José de Galipán – Macuto	14	La corriente transportó vegetación, escombros, sedimentos finos y rocas que variaban desde centímetros hasta varios metros. JICA cartografió profundidades de sedimentos que se aproximaban a los 6 m. El USGS describió la deposición de flujos de detritos seguida de incisión a causa de inundaciones posteriores, con depósitos de 1 a 4 m de espesor y peñones de 3,2 a 5,3 m.	1.616.197
El Cojo	6,8	El mapa de JICA indicaba profundidades máximas de sedimentos de aproximadamente 5 m. El USGS identificó depósitos de flujos de detritos, con un espesor de entre 2 y 3,6 m y tamaños máximos de rocas de entre 2,5 y 9,5 m.	1.142.693
Camurí Chiquito	10,2	Los depósitos tenían un espesor aproximado de 3 a 4 m, con tamaños máximos de peñones entre 5,1 y 12 m. La llanura aluvial estaba cubierta en gran parte por una matriz predominantemente arenosa que contenía rocas de tamaño mediano, de aproximadamente 0,3 a 0,8 m de diámetro, junto con grandes troncos de árboles.	1.789.882

Cuenca hidrográfica	Área (km²) (Nota 1)	Caracterización de los depósitos de 1999 (Nota 2)	Volumen depositado reportado en 1999 (m³) (Nota 3)
San Julián	21,5	Flujo de detritos gruesos y finos con depósitos de aproximadamente 4 m de espesor y tamaños máximos de peñones entre 1 y 5,6 m. Las observaciones de campo indicaron que la composición del depósito era aproximadamente del 50% de peñones, el 20% de rocas, el 20% de grava y el 10% de arena y limo.	2.636.280
Quebrada Seca–Vargas	3,1	En la parte superior de la cuenca se encontraban grandes bloques, mientras que hacia el cono aluvial predominaban bloques más pequeños, grava y arena. Depósitos de flujo de detritos gruesos; los depósitos tenían un espesor de 2,5 a 4 m, con peñones de hasta 1,8 a 7,5 m.	1.616.905
Cerro Grande	26,4	Depósitos de inundación con estratificación gradual, de aproximadamente 2 m de espesor, con tamaños máximos de 0,2 a 0,4 m. Los valores típicos para el cono aluvial fueron: 40% de peñones, 16% de rocas, 25% de grava, 7% de arena y 12% de limo y arcilla.	1.680.163

km: kilómetro
m: metro
Notas:
1. FMI-UCV, 2002 y Wieczorek et al. 2001
2. JICA 2000, citado en FMI-UCV 2002; Wieczorek et al. 2001; Rodríguez et al. 2002; López & Pérez-Hernández 2010
3. Córdova y González, 2003

También se estimaron los cambios en la línea costera asociados con la deposición de sedimentos tras los aludes torrenciales de 1999 para evaluar la posible intersección entre los impactos de este evento provocado por las lluvias y los terremotos de 2026. Los cambios se estimaron utilizando *CoastSat*, una herramienta de código abierto en Python para el mapeo global de la línea costera. *CoastSat* permite el análisis de series temporales de líneas costeras extraídas de imágenes satelitales Landsat y Sentinel para cualquier ubicación en todo el mundo (Vos et al., 2019). El análisis se realizó para el litoral que se extiende entre Catia La Mar y Caraballeda. Las imágenes satelitales que cubren esta área se descargaron a través de Google Earth Engine para el período comprendido entre el 1 de enero de 1990 y el 31 de diciembre de 2025. En total, se recuperaron 2074 imágenes de Landsat Tier 1 y Sentinel-2 Level-1C, y las imágenes de Landsat Tier 2 se excluyeron del análisis. Las imágenes descargadas fueron filtradas manualmente para el control de calidad, y cualquier imagen con más del 5 % de nubosidad fue descartada. Para mantener una cobertura temporal completa, ocasionalmente se conservaban imágenes con una mínima nubosidad a lo largo de la costa y luego se limpiaban manualmente en ArcGIS Pro para eliminar el ruido.

También se eliminaron las imágenes duplicadas y las que estaban georreferenciadas incorrectamente. Las líneas de costa generadas por *CoastSat* se exportaron como archivos GeoJSON y luego se importaron a ArcGIS Pro, donde se limpiaron y se convirtieron a archivos shapefile para su posterior análisis.

En las Figura 10-9 y Figura 10-10 se muestran los cambios estimados en la línea costera asociados con la deposición de sedimentos tras los aludes torrenciales de 1999, centrándose específicamente en las áreas que rodean el Aeropuerto Internacional de Maiquetía Simón Bolívar y Caraballeda, respectivamente. En estas figuras también se muestra la ubicación de las estructuras afectadas por los terremotos de 2026 (crisisvenezuela.org, consultado por última vez el 30 de junio de 2026), así como las cuencas hidrográficas. Los resultados indican que los cambios estimados en la línea costera en el área que rodea el aeropuerto (Figura 10-9) no fueron tan pronunciados como los estimados hacia el área que rodea Caraballeda (Figura 10-10).

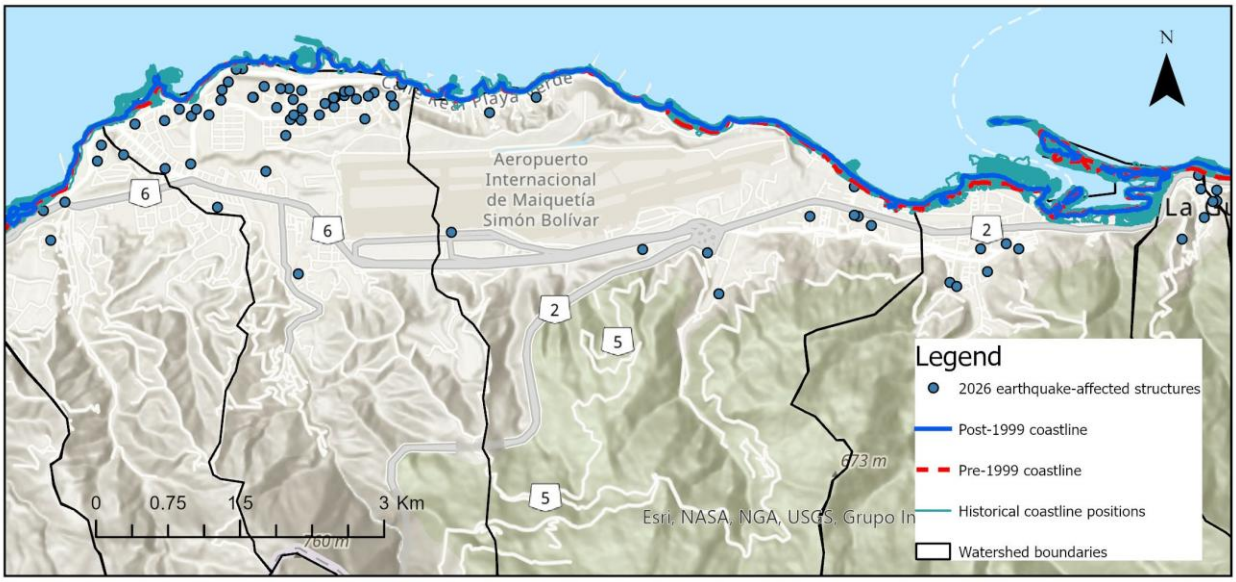


Figura 10-9. Cambios en la línea costera asociados con la deposición de sedimentos tras los aludes torrenciales de 1999, mostrando las estructuras afectadas por el terremoto del 24 de junio de 2026 (crisisvenezuela.org, último acceso el 30 de junio de 2026) en el área que rodea el Aeropuerto Internacional de Maiquetía Simón Bolívar. La línea costera anterior a 1999 corresponde a la línea costera basada en el año 1998, y la línea costera posterior a 1999 corresponde a la línea costera basada en el año 2000.

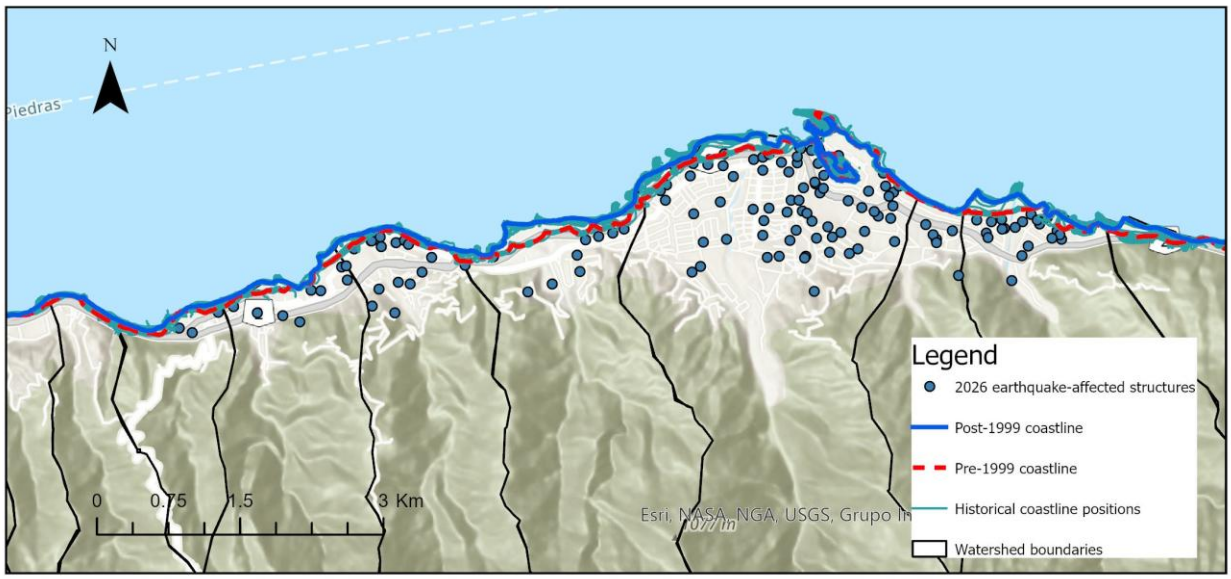


Figura 10-10. Cambios en la línea costera asociados con la deposición de sedimentos tras los aludes torrenciales de 1999, mostrando las estructuras afectadas por el terremoto del 24 de junio de 2026 (crisisvenezuela.org, último acceso el 30 de junio de 2026) en el área que rodea Caraballeda. La línea costera anterior a 1999 corresponde a la línea costera basada en el año 1998, y la línea costera posterior a 1999 corresponde a la línea costera basada en el año 2000.

Utilizando la herramienta de medición en ArcGIS Pro, las longitudes máximas estimadas de cambio de línea costera por cuenca hidrográfica se presentan en la Tabla 10-3. Para las cuencas en el área que rodea el aeropuerto (desde Mamo hasta Piedra Azul), la longitud máxima promedio del cambio de la línea de costa fue de 74 m, mientras que para las cuencas costeras en el área que rodea Caraballeda (desde Osorio hasta Cerro Grande), el valor correspondiente fue de 118 m. Es importante destacar que la longitud máxima de cambio de la línea costera estimada para la cuenca de San Julián, que drena hacia Caraballeda, fue de 190 m, y los cambios en la línea costera ocurrieron de manera consistente a lo largo del lado occidental de la cuenca (Figura 10-10). Aunque estas estimaciones de cambio de la línea costera coinciden con las reportadas por Larsen et al. (2006), los valores presentados en la Tabla 10-3deben considerarse como una aproximación de orden de magnitud dadas las incertidumbres asociadas con las imágenes aéreas utilizadas para el análisis.

Tabla 10-3. Cambio máximo estimado en la línea de costa por cuenca hidrográfica causado por la deposición de sedimentos tras los aludes torrenciales de 1999.

Cuenca hidrográfica	Longitud máxima estimada de cambio de la línea costera (m)
Mamo	80
La Zorra	55
Tacagua	60
Las Pailas	50

Cuenca hidrográfica	Longitud máxima estimada de cambio de la línea costera (m)
Piedra Azul	125
Osorio	70
Cariaco	45
Guanape	55
Alcantarilla	70
San José de Galipán – Macuto	115
El Cojo	115
Camurí Chiquito	280
San Julián	190
Quebrada Seca – Vargas	20
Cerro Grande	220

Tras los aludes torrenciales de diciembre de 1999, se creó la Autoridad Única de Área del Estado Vargas[13] (AUAEV) para coordinar la reconstrucción y desarrollar planes de protección contra inundaciones basados en presas de retención de sedimentos cerradas y abiertas, así como proyectos de mejora de canales aguas abajo, que posteriormente fueron llevados a cabo por CORPOVARGAS (Genatios, 2010; Morassutti, 2010a, 2010b). Para el año 2008, el programa más amplio de reconstrucción y mitigación había dado como resultado la construcción de 63 presas de retención de sedimentos y la canalización de 25 quebradas (López, 2020). La Tabla 10-4 enumera las presas de control que se construyeron posteriores al evento de 1999 ubicadas dentro de las cuencas hidrográficas incluidas en este análisis. Se realizaron numerosos esfuerzos para mejorar la planificación urbana y la capacidad de adaptación de la zona afectada frente a futuros sucesos similares. En particular, el Proyecto Ávila (FMI-UCV, 2002) fue un proyecto integral para la cartografía de zonas de riesgo en los abanicos aluviales, que abarcó 12 cuencas hidrográficas a lo largo de la costa central (orientadas al norte) y 7 cuencas hidrográficas en Caracas (orientadas al sur). El Proyecto Ávila aplicó el modelo numérico bidimensional FLO-2D junto con herramientas en GIS para simular la dinámica del agua y los sedimentos, y utilizó relaciones de probabilidad de ocurrencia e intensidad de eventos para clasificar el peligro como alto, medio, o bajo:

- Las zonas de alto riesgo representaban áreas donde las personas corrían peligro tanto dentro como fuera de los edificios, donde era muy probable que se produjeran daños estructurales y donde debía aplicarse la normativa.
- Las zonas de riesgo medio representaban áreas donde las personas corrían riesgo únicamente fuera de los edificios, donde era posible que se produjeran daños estructurales y donde debía aplicarse la normativa.

[13] El nombre del estado de Vargas se cambió a La Guaira en 2019

- Las zonas de bajo riesgo representaban áreas donde las personas corrían un riesgo bajo o insignificante, donde era poco probable que se produjeran daños estructurales y donde no se recomendaba la regulación, pero sí se fomentaba la concienciación.

Posteriormente, otros estudios generaron nuevos mapas de riesgo de flujos de detritos para cuencas hidrográficas específicas, como el proyecto PREDERES para las cuencas de Mamo, La Zorra, y Tacagua ubicadas en la parte occidental del estado, incluyendo el efecto de obras de mitigación tales como presas y proyectos de canalización (IMF-UCV y DH-UCV, 2007). Courtel et al. (2021) compilaron todos los mapas de amenaza hasta la fecha que han incluido estructuras de control de sedimentos en un total de ocho cuencas: Mamo, La Zorra, Tacagua, San José de Galipán, Piedra Azul, Cerro Grande, y Quebrada Seca de Caraballeda.

La intersección de los daños afectados por los terremotos de 2026 (crisisvenezuela.org, consultado por última vez el 30 de junio de 2026) con las zonas de alto riesgo de flujos de detritos se muestra en la Figura 10-11. De forma similar a la intersección con los depósitos de sedimentos, los resultados indican que hubo una superposición entre los mapas de alto riesgo de flujos de detritos y la distribución espacial de las estructuras dañadas, y que el grado de superposición dependió de las características de la cuenca hidrográfica. La Tabla 10-4 resume la disponibilidad de mapas de riesgo de flujos de detritos entre las cuencas de Mamo y Cerro Grande, indicando si se consideraron estructuras de control, el número de presas de retención construidas por cuenca, y el número de estructuras afectadas por los terremotos de 2026. Esta última cifra se calculó mediante la intersección espacial del inventario de crisisvenezuela.org (último acceso el 30 de junio de 2026) con los límites de las cuencas correspondientes. Además, la Tabla 10-4 incluye el número de estructuras afectadas por el terremoto dentro de la zona de alto riesgo de flujo de detritos y la proporción relativa al número total de estructuras afectadas por cuenca hidrográfica. Esta superposición entre las estructuras afectadas por terremotos y las áreas con alto riesgo de flujos de detritos demostró que, de las 13 cuencas hidrográficas en las que se pudo evaluar la superposición espacial, 52 de las 194 estructuras afectadas por los terremotos de 2026 (~26.8%) estaban ubicadas dentro de áreas con alto riesgo de flujos de detritos. También destaca la importancia de continuar los esfuerzos para actualizar los mapas de riesgo de flujos de detritos, así como los esfuerzos para supervisar y mantener las obras de control de sedimentos.

Tabla 10-4. Obras de control de sedimentos, mapas de riesgo de flujos de detritos por cuenca hidrográfica e intersección espacial de estructuras afectadas por los terremotos de 2026 con zonas de alto riesgo de flujos de detritos torrenciales en La Guaira, Venezuela. Nota: El porcentaje se calculó como la proporción de estructuras dañadas por el terremoto (según lo informado por crisisvenezuela.org) ubicadas dentro de zonas de alto riesgo de flujos de detritos en cada cuenca hidrográfica.

Cuenca hidrográfica	Presas de control de sedimentos (Nota 1)	Mapa de riesgo de flujos de detritos sin obras de control de sedimentos (Nota 2)	Mapa de riesgos de flujos de detritos con obras de control de sedimentos (Nota 3)	Estructuras afectadas por los terremotos de 2026 (Nota 4)	Estructuras afectadas por el terremoto dentro de la zona de alto riesgo de flujos de escombros	Estructuras afectadas por el terremoto dentro de la zona de alto riesgo de flujos de detritos (%)
Mamo	3	-	X	3	0	0%
La Zorra	1	-	X	6	1	17%
Tacagua	3	-	X	43	4	9%
Las Pailas - Curucuti	8	-	-	11	-	-
Piedra Azul	5	X	X	6	1	17%
Osorio	4	X	-	7	2	29%
Alemán	2	-	-	2	-	-
Cariaco	2	X	-	0	0	0%
Guanape	1	X	-	0	0	0%
Alcantarilla	7	X	-	3	1	33%
San José de Galipán (Macuto)	2	X	X	9	1	11%
El Cojo	2	X	-	15	11	73%
Camurí Chiquito	1	-	-	10	-	-
San Julián	3	X	-	75	19	25%
Qda. Seca	4	X	X	7	1	14%
Cerro Grande	2	X	X	20	11	55%

Notas:
1. López 2020
2. FMI-UCV, 2002
3. Courtel et al. (2021)
4. Crisis en Venezuela, 2026

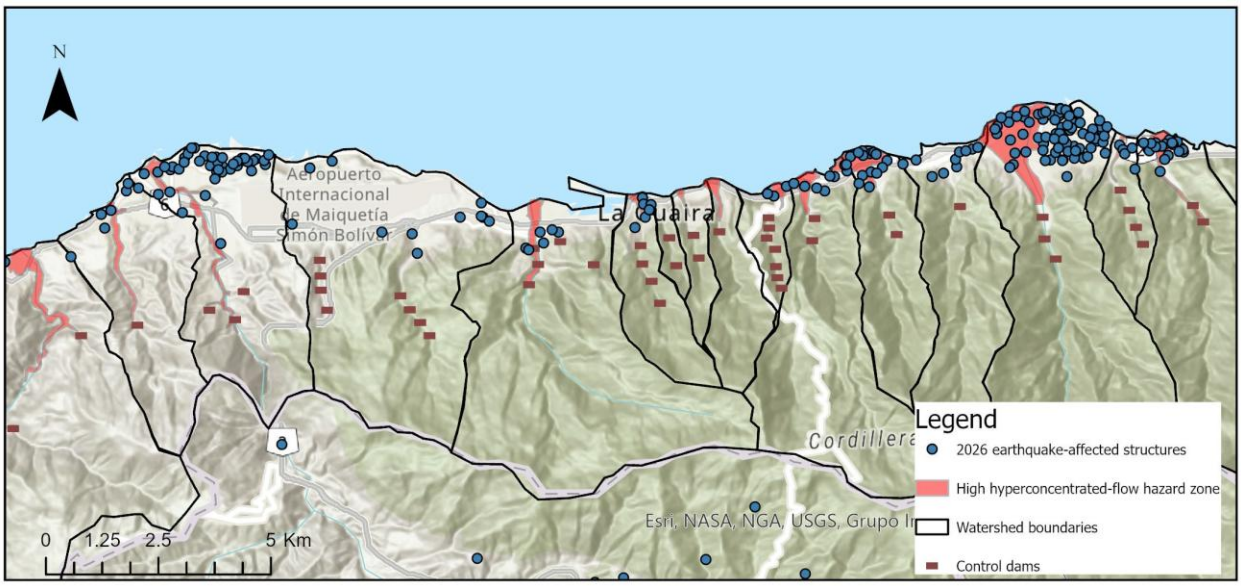


Figura 10-11. Intersección de las zonas afectadas por los terremotos del 24 de junio de 2026 (crisisvenezuela.org, consultado por última vez el 30 de junio de 2026) con zonas de riesgo de flujos de detritos. Los mapas originales de riesgo de flujos de detritos se elaboraron en el marco del Proyecto Ávila (IMF-UCV, 2002). La figura muestra el mapa de riesgo elevado de flujos de detritos; no incluye las zonas de riesgo medio o bajo. Para las cuencas de Mamo, La Zorra, Tacagua, Piedra Azul, Alcantarilla, San José de Galipán (Macuto), Quebrada Seca, y Cerro Grande, se utilizaron mapas actualizados de peligro de flujo de escombros que incorporan la influencia de las presas de control de sedimentos (Courtel et al., 2021).

10.4 Peligros compuestos

Los aludes torrenciales a lo largo de la Cordillera de la Costa al norte de Caracas son peligros recurrentes y no eventos aislados, con eventos históricos documentados en 1798, 1938, 1948 y 1951 (Altez, 2005). Sin embargo, los impactos de estos eventos son difíciles de comparar directamente con los del año 1999 debido a los cambios en la densidad de población y el desarrollo urbano (Altez y Urbani, 2021).

Posterior a los aludes torrenciales del año 1999, la primera tormenta importante que puso a prueba el rendimiento de las presas de control de sedimentos tuvo lugar en febrero de 2005. Provocó 431 mm de lluvia (medidos en la estación hidrometeorológica de Macuto) a lo largo de la Cordillera de la Costa y causó aludes torrenciales que afectaron muchas de las mismas áreas afectadas en el año 1999 (López, 2020). El evento del año 2005 fue importante para movilizar nuevamente sedimentos que se habían acumulado pero que no fueron transportados al mar en el año 1999, con un volumen total de sedimentos depositados de 800.000 m^3 (López, 2020). Una inspección de las presas de control de sedimentos realizada por FUNVISIS y el Instituto de Mecánica de Fluidos de la Universidad Central de Venezuela (FUNVISIS & IMF-UCV, 2005) después del evento del año 2005 indicó que, de las 18 presas inspeccionadas, 10 estaban casi completamente llenas de sedimentos, pero aún contaban con cierta capacidad para almacenamiento. Es importante destacar que los resultados de la inspección pusieron de manifiesto

la dificultad de acceder a la mayoría de las presas para conducir una limpieza de sedimento acumulados y restaurar la capacidad de almacenamiento.

Dada la identificación de 650 deslizamientos de tierra provocados por los terremotos a lo largo de la Cordillera de la Costa (véase la Figura 10-12), el objetivo de esta sección es evaluar el potencial que futuros aludes torrenciales podrían tener en transportar los sedimentos provenientes de los deslizamientos hacia el mar e impactar nuevamente muchas de las áreas y comunidades ya afectadas en el año 1999. La densidad de deslizamientos de tierra inducidos por los terremotos en cada cuenca hidrográfica se muestra en la Figura 10-12. Los porcentajes de superficie (área de deslizamiento cartografiada en relación con el área total de la cuenca hidrográfica) incluyen toda el área visible del deslizamiento, ya que no fue posible distinguir de forma fiable las zonas de origen y de depósito en varias áreas. Hasta que se separen las zonas de origen y de depósito , estas densidades deben considerarse un índice de la actividad de deslizamientos de tierra. Los resultados indican que las mayores densidades de deslizamientos de tierra (4-5%) se estimaron para la cuenca de San Julián, que desemboca en Caraballeda, y para la cuenca de El Cojo. Además, los resultados indican que los deslizamientos de tierra provocados por terremotos se produjeron principalmente en la parte alta de las cuencas hidrográficas. Al comparar los deslizamientos de tierra cosísmicos con los deslizamientos de tierra provocados por las lluvias en el año 1999, se observan dos diferencias importantes. En primer lugar, la densidad de deslizamientos de tierra provocados por las lluvias fue mayor en el año 1999, con la cuenca costera de San Julián, por ejemplo, mostrando una densidad del 18 % (López, 2020). En segundo lugar, López (2020) informó que la mayoría de los deslizamientos de tierra provocados por las lluvias durante el evento del año 1999 tuvieron lugar en la parte baja de la cuenca hidrográfica. Sin embargo, considerando que los eventos hidrológicos a lo largo de la Cordillera de la Costa tienden a producir más lluvia en elevaciones más altas en comparación con la costa (Larsen et al., 2001), futuras tormentas pueden tener la capacidad de arrastrar y transportar el sedimento proveniente de los deslizamientos de tierra a causa de los terremotos del año 2026, lo que podría inducir futuros aludes torrenciales. Cabe señalar que, además de la densidad de deslizamientos, otros factores también son importantes a la hora de considerar la posible generación de aludes torrenciales (por ejemplo, el tipo de suelo, la cubierta vegetal y la pendiente).

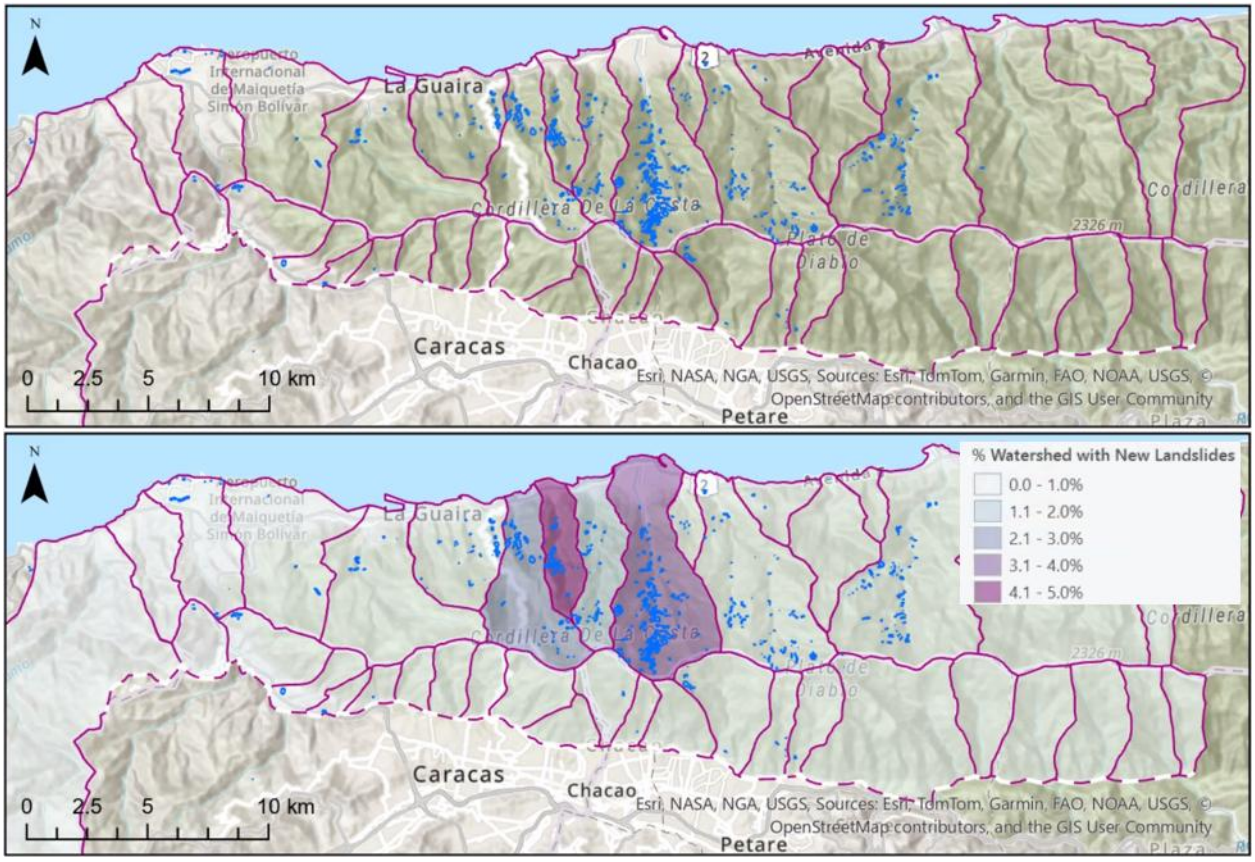


Figura 10-12. Las cuencas hidrográficas (en color púrpura) se delimitaron manualmente mediante una evaluación geomorfológica de los flancos norte y sur de la montaña El Ávila. Los posibles deslizamientos de tierra cosísmicos (en azul) se cartografiaron como nuevas anomalías en la pendiente detectadas al comparar imágenes aéreas anteriores y posteriores al terremoto. Nota: Los límites de las cuencas hidrográficas del sur están truncados (líneas discontinuas) en la falda sur de la montaña El Ávila y no abarcan las cuencas de Caracas.

10.5 Observaciones en el lugar del deslizamiento de tierra

Esta sección proporciona imágenes satelitales y fotografías de campo de los deslizamientos de tierra observados por el equipo GEER, tanto sobre el terreno como de forma remota. La mayoría de los deslizamientos de tierra ocurrieron en zonas remotas a las que no se pudo acceder para realizar investigaciones de campo; se tomaron fotografías en algunos lugares a los que el equipo de campo de GEER sí pudo acceder. En el momento de redactar este informe, gran parte del Parque Nacional Waraira Repano (también conocido como El Ávila, que contiene aproximadamente el 80% de los deslizamientos identificados en el Área A) permanece cerrado por motivos de seguridad. Sin embargo, el terreno escarpado hacía visibles varias zonas de deslizamientos activos desde las áreas pobladas al sur (Caracas) y al norte (Caraballeda) de la Cordillera de la Costa.

Las cifras de observación del sitio se centran en: 1) deslizamientos que causan o amenazan con afectar la infraestructura, 2) peligros compuestos relacionados con aludes torrenciales, y 3) ejemplos típicos de deslizamientos superficiales de suelo/roca observados en toda la región. Estas cifras no son en absoluto exhaustivas en cuanto a los diferentes tipos de impactos. A

continuación, se detallan el tipo principal de impacto y el área de enfoque (ya sea A o B, como en la Figura 10-1) para las figuras de observación del sitio seleccionado. Remitimos a los lectores al repositorio DesignSafe para obtener datos georreferenciados de los deslizamientos de tierra identificados por el equipo GEER para este informe.

Entre los **impactos en la infraestructura** observados a raíz de los deslizamientos de tierra se incluyen bloqueos de carreteras y daños en las laderas que sostienen los edificios:

- Figura 10-13; Impactos en la carretera (Área A)
- Figura 10-14; Impactos en la carretera (Área A)
- Figura 10-15; Impactos en la carretera (Área B)
- Figura 10-16; Carretera y edificio (Área A)
- Figura 10-17; Impactos en edificios y carreteras (Área A)

Entre los **peligros compuestos** identificados se incluyen los daños o la deposición anormal de material en las presas de retención de sedimentos. Independientemente de la presencia de presas de retención de sedimentos, el exceso de depósitos de coluvión en la cuenca hidrográfica representa un peligro compuesto para los flujos de detritos durante las lluvias intensas:

- Figura 10-18; Presa de retención y acumulación de escombros (Área A)
- Figura 10-19; Presa de retención y acumulación de escombros (Área A)
- Figura 10-20; Presa de retención y acumulación de escombros (Área A)
- Figura 10-21; Acumulación de escombros y posible reactivación profunda (Área A)
- Figura 10-22; Acumulación de escombros (Área B)

Ejemplos típicos de deslizamientos de tierra provocados por este evento son los deslizamientos superficiales de rocas y suelo:

- Figura 10-22; Esta figura también muestra deslizamientos superficiales ampliamente distribuidos (Área B)
- Figura 10-23; Reactivación superficial en un sitio de baja elevación (Área A)
- Figura 10-24; Deslizamientos superficiales a gran altitud, incluyendo algunas reactivaciones (Área A)
- Figura 10-25; Deslizamientos superficiales a gran altura, visibles desde la ciudad (Área A).

10.5.1 Cifras de impacto en la infraestructura



Figura 10-13. Deslizamiento de tierra que afecta la carretera de acceso secundaria en la cuenca hidrográfica hacia Maiquetía (66.9712359°O, 10.5703273°N). Imágenes aéreas de Vantor.

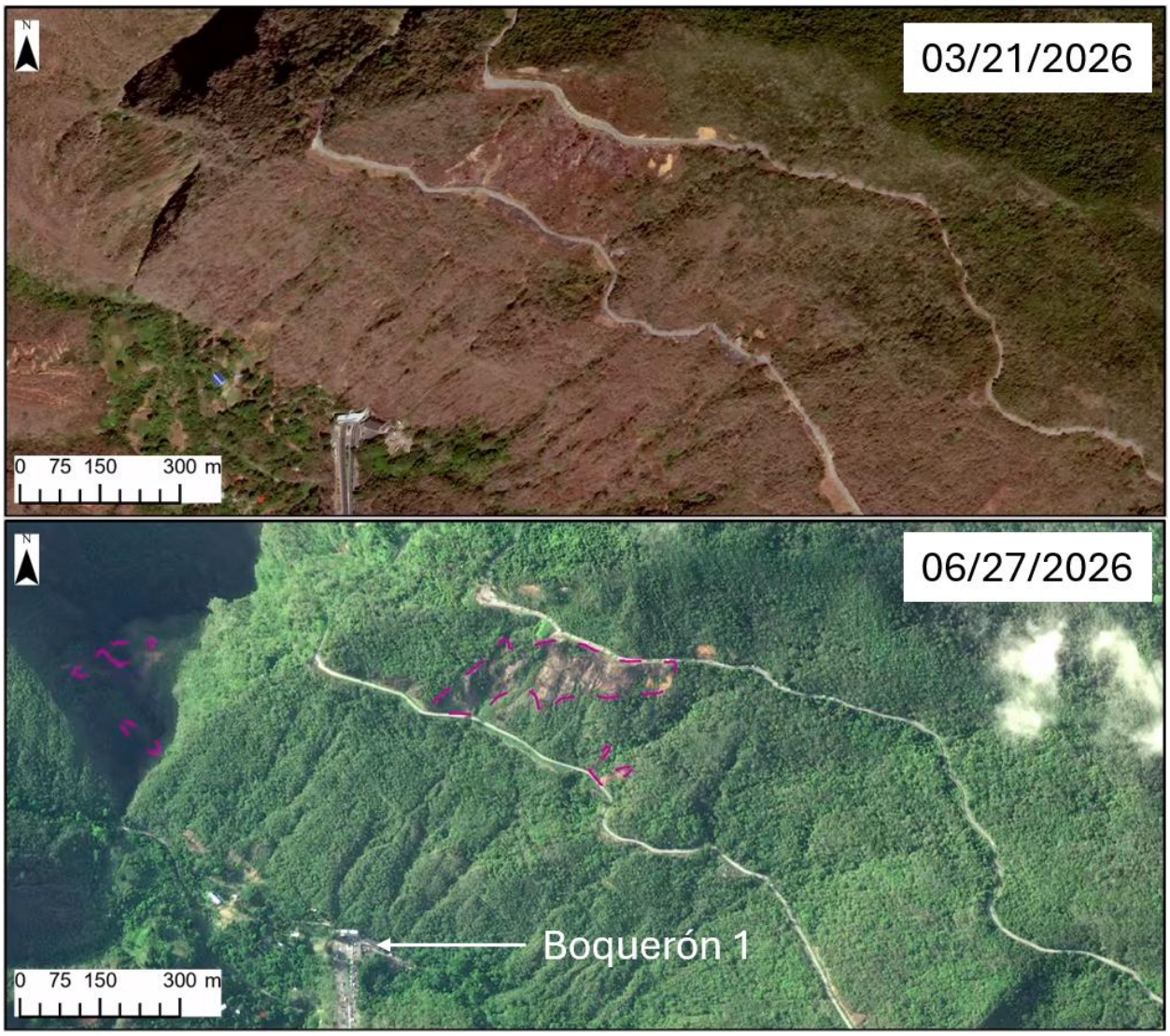


Figura 10-14. Deslizamiento de tierra, incluyendo cierta reactivación, con posibles impactos en la Carretera Vieja de La Guaira (antigua carretera a La Guaira) y en la parte alta de la entrada sur del túnel Boquerón 1 (67.0015900°O, 10.5616871°N). Imágenes aéreas de Vantor.



Figura 10-15. Deslizamientos de tierra que afectan aproximadamente a 400 metros de la carretera a Puerto Cruz. (67.337402 O, 10.529022 N). Imágenes aéreas de la escena 26JUN25142038-S2AS-200013362902_01_P001 de Maxar WorldView-2.

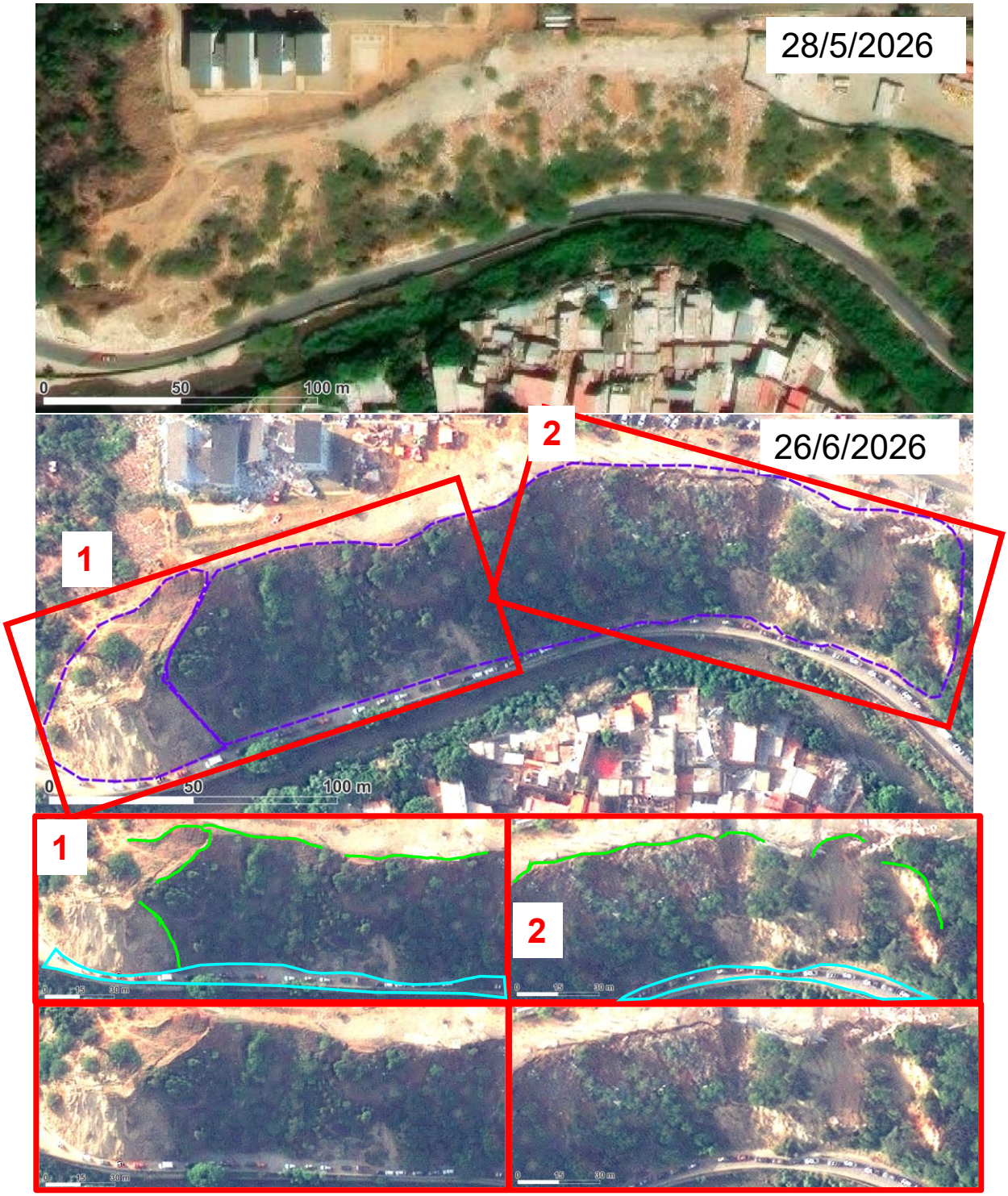


Figura 10-16. Deslizamientos entre las residencias de Hugo Chávez y el río Tacagua. Los contornos de los deslizamientos de tierra representados en el mapa están indicados con líneas discontinuas de color púrpura. Las grietas de tensión y los escarpes de cabecera están indicados en verde, y el ancho de la calzada utilizable (reducido de dos a un carril debido a los impactos de los deslizamientos de

tierra) a lo largo de Vía Alterna Playa Grande está indicado en cian. (67.0251448°W, 10.6048289°N). Imágenes aéreas de Vantor.

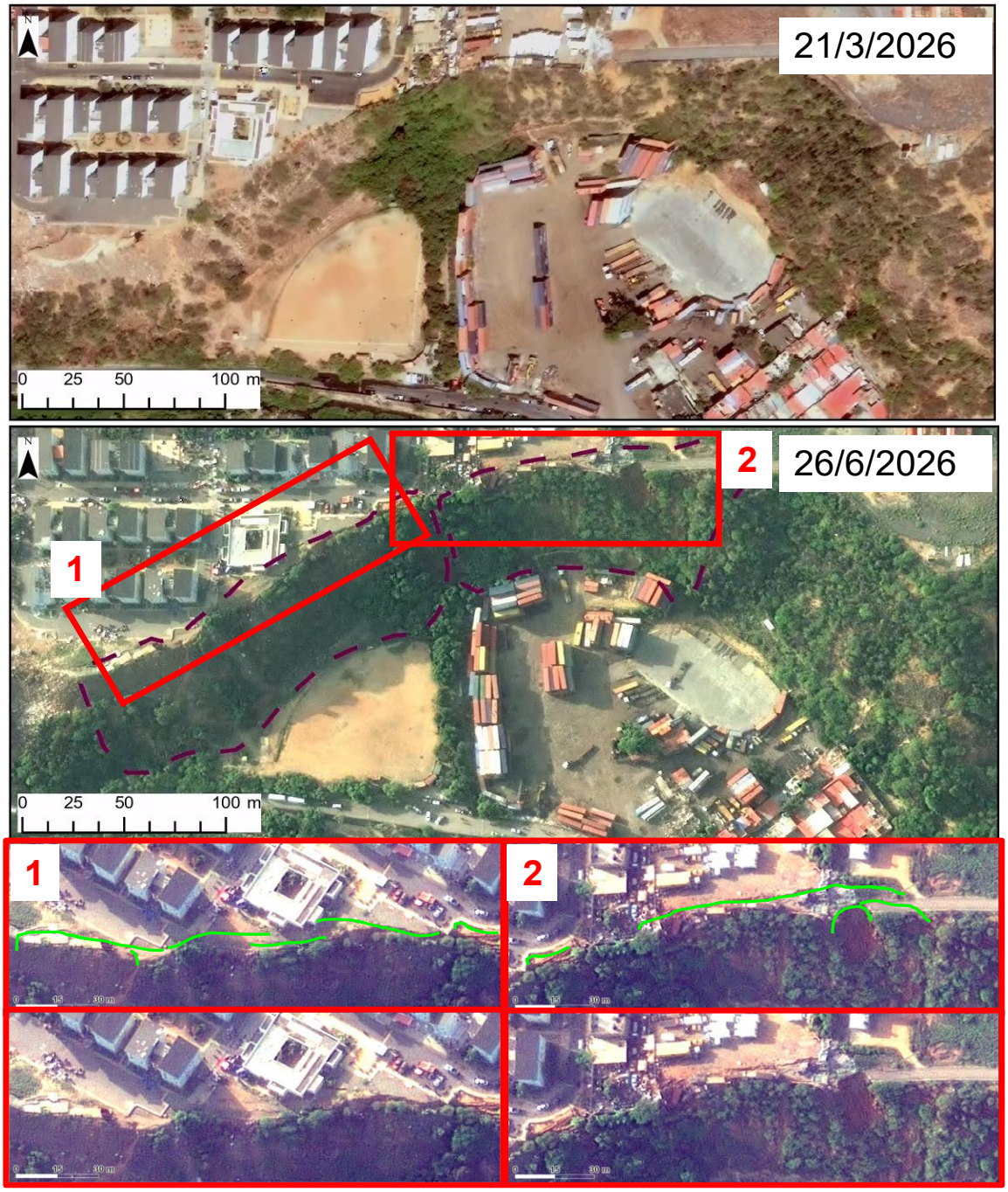


Figura 10-17. Deslizamientos al sur de las residencias Hugo Chávez y la Avenida A. En las dos áreas ampliadas etiquetadas como 1 y 2, se muestran las imágenes posteriores al terremoto con y sin las marcas de las grietas que se muestran en verde. (67.0202560°W, 10.6051444°N). Imágenes aéreas de Vantor.

10.5.2 Figuras de peligros compuestos

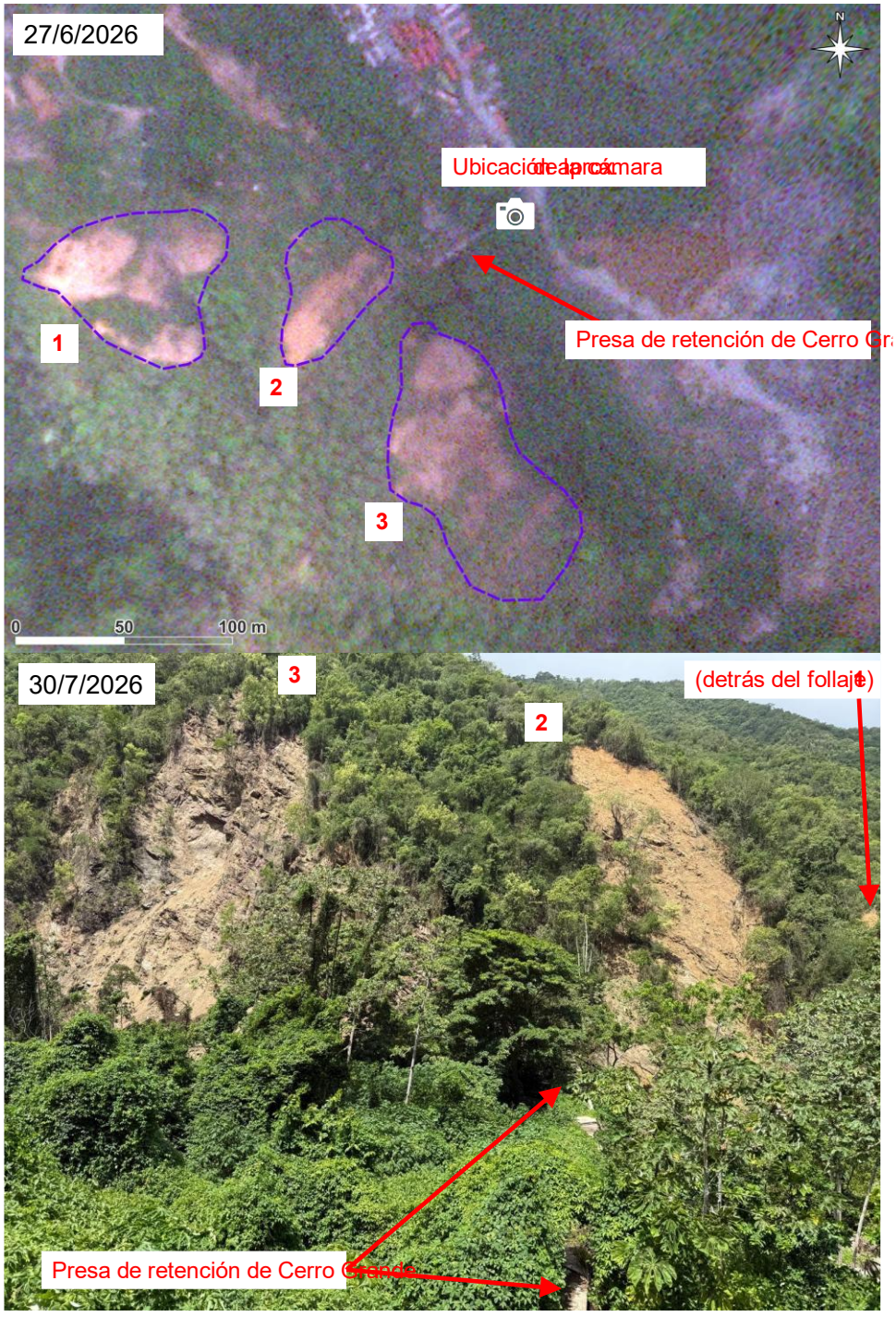


Figura 10-18. Deslizamientos de tierra con escombros liberados detrás (Diapositiva 3) y delante (Diapositivas 1 y 2) de la presa de retención de Cerro Grande. En las diapositivas 2 y 3 se aprecian fallos superficiales. El afloramiento expuesto en la diapositiva 3 muestra una mezcla de material recientemente removido y superficie erosionada (previamente expuesta). La parte visible de la

diapositiva 2 parece haber sido expuesta recientemente. Fotografía cortesía de Pascual Perazzo. (66.81881 O, 10.598951 N).

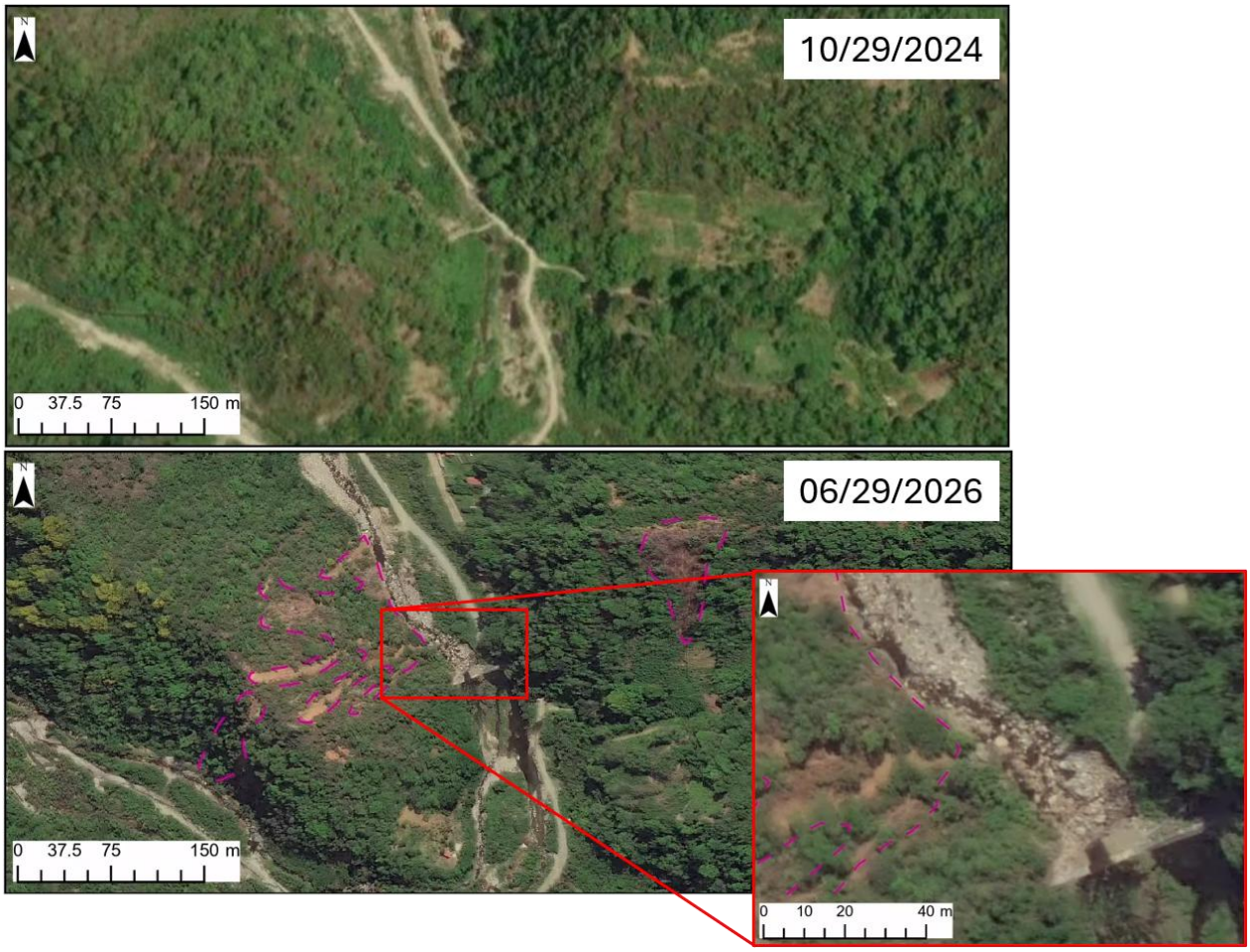


Figura 10-19. Los suelos desplazados fluyen hacia el río Naiguatá, con una acumulación significativa inmediatamente aguas abajo de la presa de retención. Los deslizamientos se muestran con líneas discontinuas de color púrpura. Cuenca hidrográfica hacia Naiguatá (66.7441971°O, 10.6022971°N). Imágenes aéreas de Vantor.

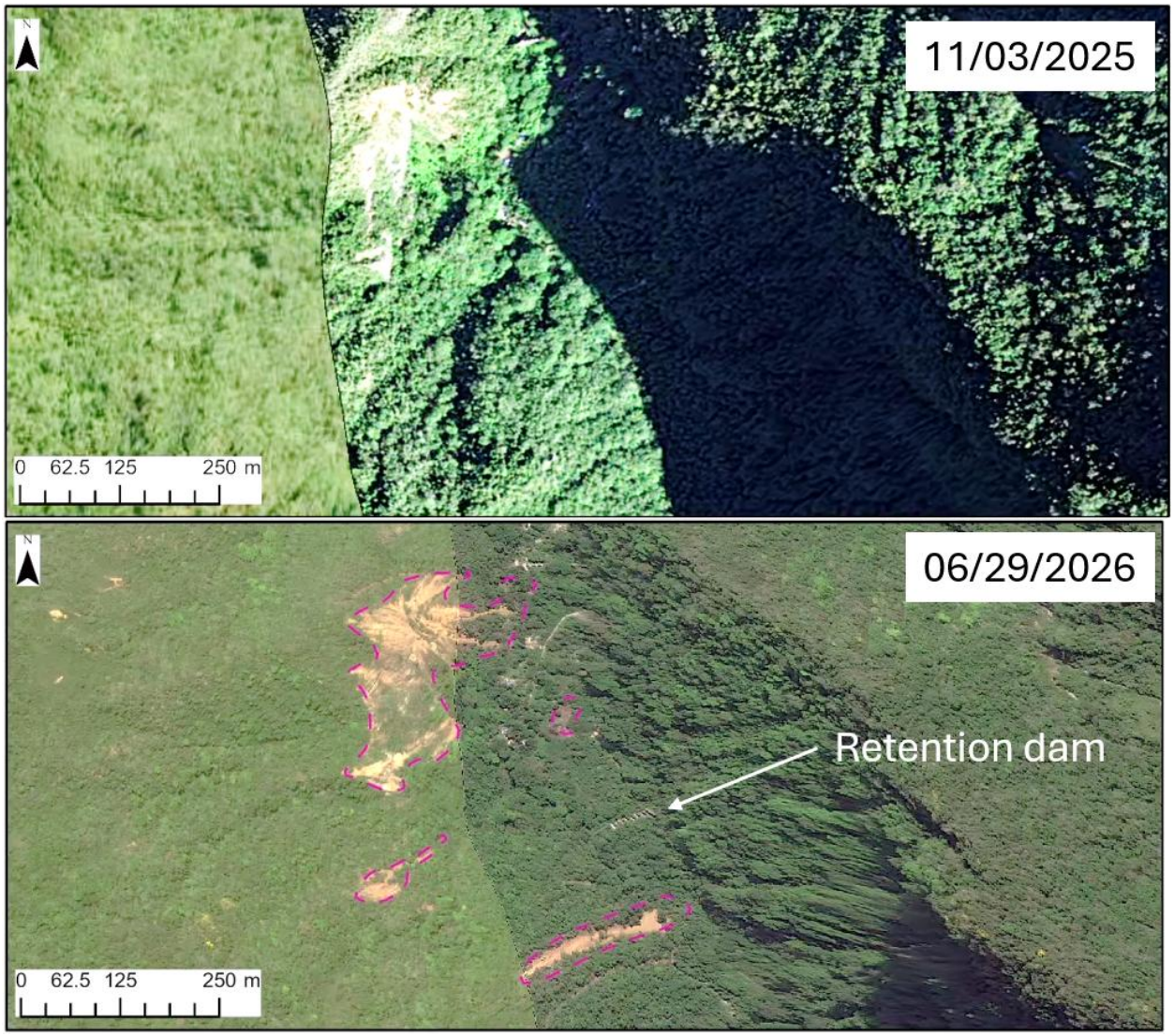


Figura 10-20. Nuevos deslizamientos y otros reactivados se dirigen hacia el río San Julián. Obsérvese la distorsión de la imagen posterior al terremoto. Los deslizamientos de tierra se muestran con líneas discontinuas de color púrpura. Cuenca hidrográfica hacia Caraballeda (66.8480896°O, 10.5910641°N). Imágenes aéreas de Vantor.



Figura 10-21. Deslizamiento de tierra en los bordes de una formación geológica existente que puede ser un deslizamiento traslacional coherente histórico. La fuga de material derivada de la actividad visible afecta a Quebrada Tacagua. Determinar si el desplazamiento en una superficie de deslizamiento coherente más profunda se movilizó (o removilizó) es de interés para futuras investigaciones y para comprender el potencial de formación de presas por deslizamientos de tierra en Quebrada Tacagua. Vista topográfica de Esri World Hillshade e imágenes aéreas de Vantor. (67.008121 O, 10.570883 N).



Figura 10-22. Ejemplo típico de deslizamientos superficiales distribuidos en una amplia zona geográfica en el Área B. Muchos deslizamientos impactan el arroyo en el fondo de la cuenca (aguas abajo de la curva del meandro abandonado). Cuenca hidrográfica hacia Puerto Cruz. (67.344641 O,

10.506438 N). Imágenes aéreas de la escena 26JUN25142038-S2AS-200013362902_01_P001 de Maxar WorldView-2.

10.5.3 Ejemplos típicos de deslizamientos de tierra (Figuras)

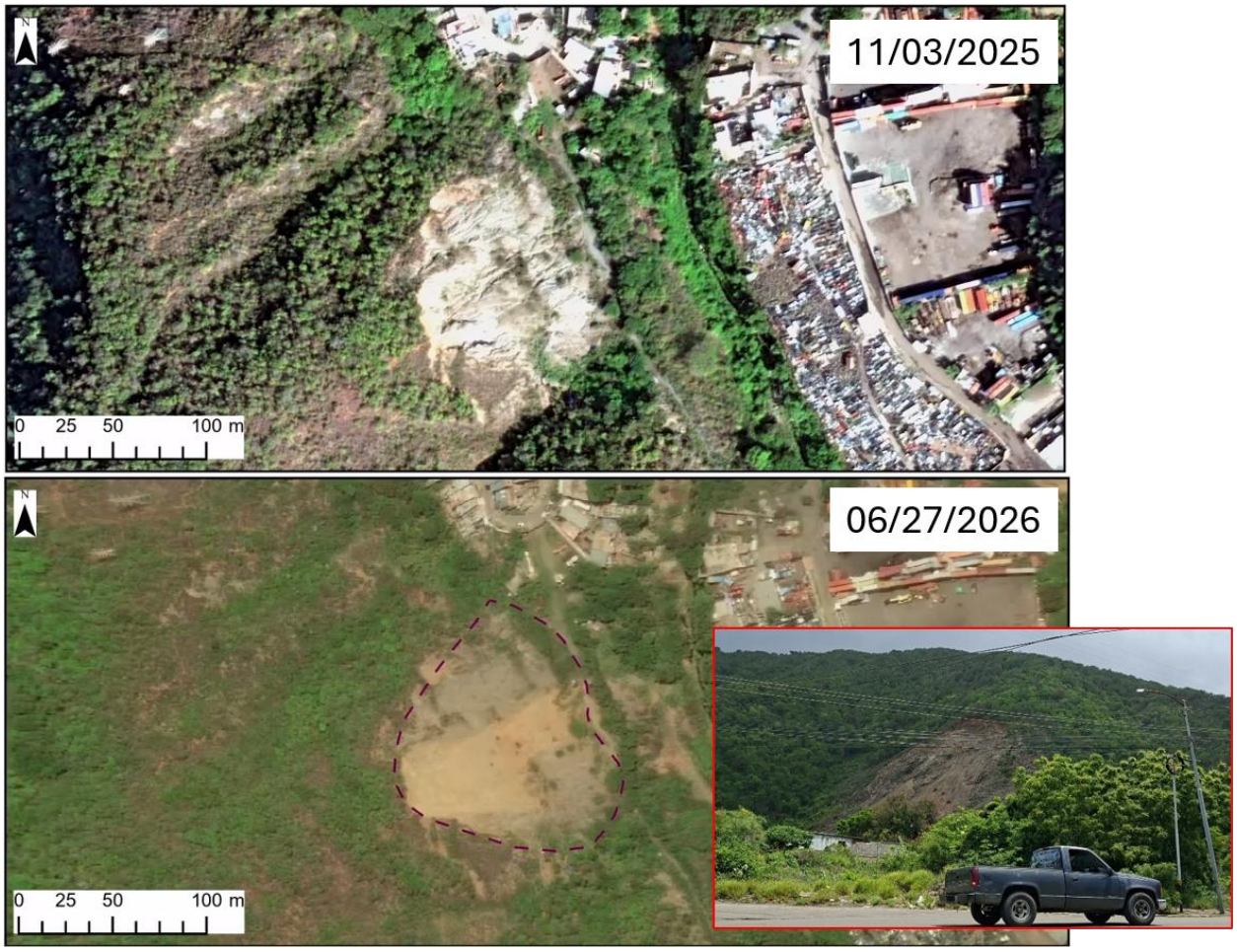


Figura 10-23. Esta diapositiva es una reactivación. Se observa una expansión del escarpe de la cabezera del deslizamiento, y la distribución del color en la superficie de la diapositiva evidencia la salida de material fresco. También es un ejemplo de los deslizamientos típicos de la Cordillera de la Costa: poco profundos y con una gran alteración del terreno. Verificado sobre el terreno por el equipo de campo de GEER, Fase III, el 20 de julio de 2026 (fotografía abajo a la derecha). Tanaguarena (67.0236126°W, 10.6126782°N). Imágenes aéreas de Vantor.

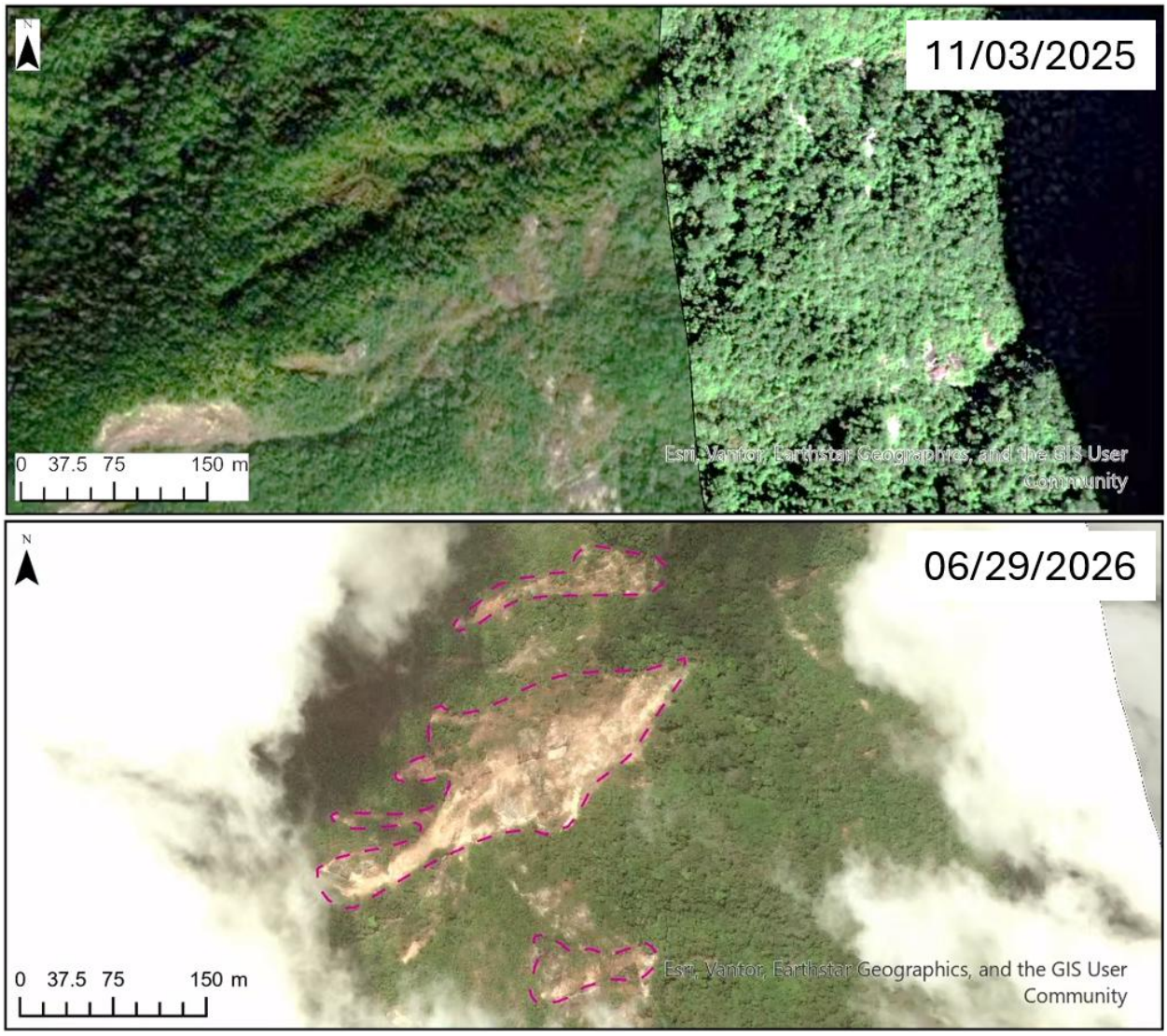


Figura 10-24. Los nuevos deslizamientos y los que se han reactivado se dirigen hacia el río San Julián, delimitados con líneas discontinuas de color púrpura. Cuenca hidrográfica hacia Caraballeda (66.8500742°O, 10.5577138°N). Imágenes aéreas de Vantor.

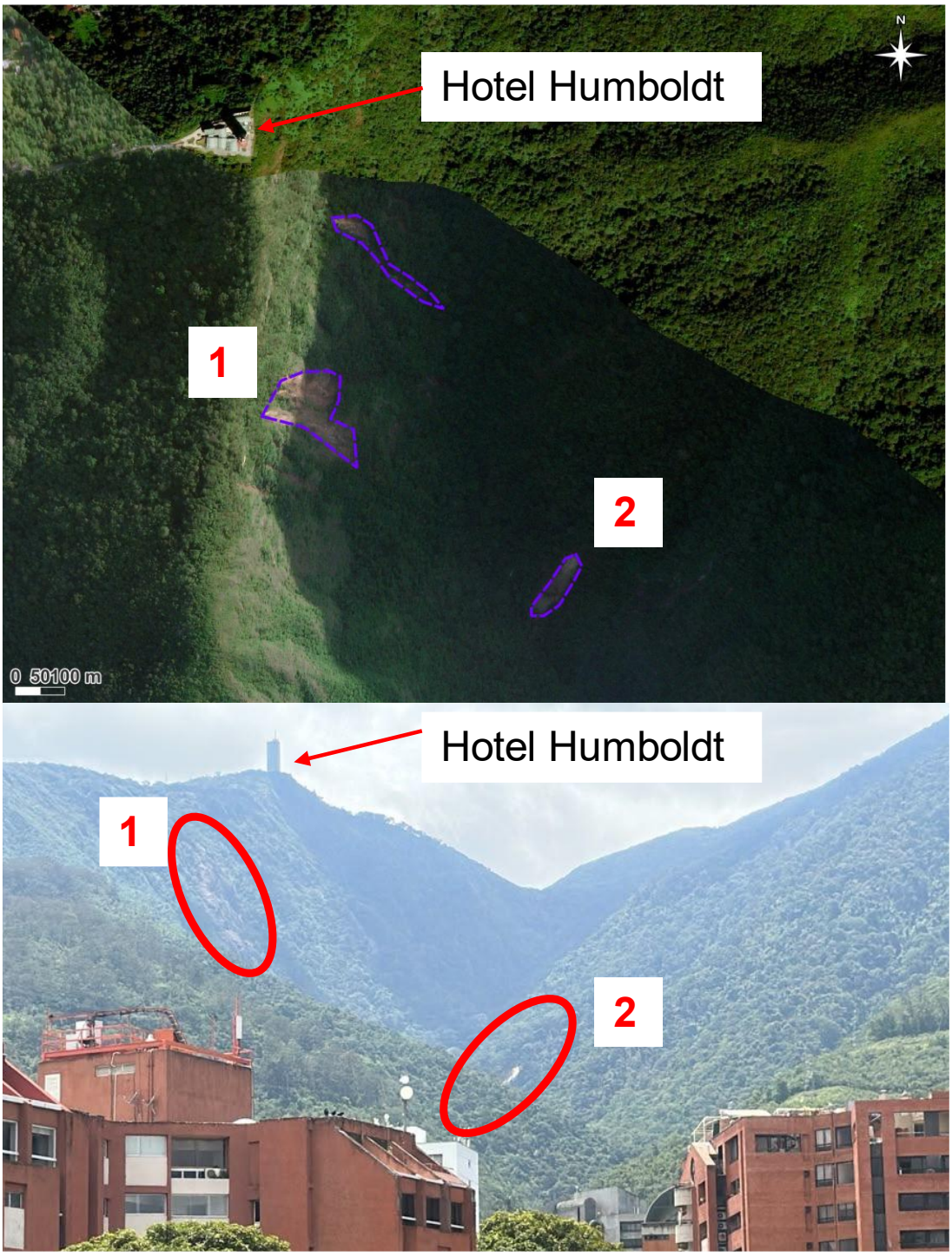


Figura 10-25. Deslizamientos de tierra visibles desde Chacao en Caracas. (66.869378 O, 10.536159 N). Foto proporcionada por el Ing. Carlos Arcay Iturriza.

10.6 Oportunidades para la recopilación de datos en el futuro

Inventario de deslizamientos de tierra y comparación de modelos: El inventario de deslizamientos de tierra que se presenta en esta sección se elaboró mediante la interpretación visual de imágenes satelitales posteriores al evento y es preliminar. El desarrollo de un inventario con control de calidad para la región afectada, aplicando criterios de mapeo consistentes, reforzaría las estimaciones aquí presentadas. Se debe comparar un inventario verificado con modelos predictivos (por ejemplo, el producto Ground Failure del USGS) para este evento. El terreno escarpado y de suelo delgado de La Guaira, con su larga historia de deslizamientos de tierra, constituye un caso de prueba exigente para los modelos predictivos regionales.

Seguimiento continuo de la actividad de deslizamientos de tierra: Los indicadores de actividad de deslizamientos de tierra en curso justifican una vigilancia continua para comprender mejor los efectos de los peligros compuestos. Los cambios de color en la vegetación debido a los daños causados por el deslizamiento de tierra pueden hacerse evidentes solo después de varias semanas del evento desencadenante, por lo que la revisión repetida de imágenes mejorará la comprensión de la actividad de deslizamientos de tierra cosísmicos. Además, el hecho de que los sitios conocidos de deslizamientos de tierra cosísmicos crezcan (lo que indica una continua deposición de coluvión) en los meses posteriores al evento mejorará la comprensión de los efectos de los terremotos en las tasas de deslizamientos de tierra y los umbrales de precipitación que los desencadenan.

Investigación de campo sobre las condiciones de la pendiente y los depósitos de suelo: Existen varios tipos de mediciones de campo importantes para resolver cuestiones que las imágenes satelitales no pueden abordar:

- Caracterización 3D de las áreas de origen y deposición de deslizamientos de tierra, mediante teledetección, para análisis mecánico,
- Estudios de las condiciones del terreno para detectar grietas en las zonas de escarpe y en zonas sin actividad aparente de deslizamientos de tierra,
- Profundidad del suelo residual y las raíces sobre el lecho rocoso en las áreas de origen de 1999 y 2026 y adyacentes a ellas, y
- Evidencia de la distancia de recorrido y su distribución en sitios característicos.

Los estudios de las condiciones del terreno en áreas que no sufrieron fallas ayudarían a explicar los mecanismos de la relación entre el fuerte movimiento del suelo y la mayor susceptibilidad a los deslizamientos de tierra y aludes torrenciales inducidos por la precipitación en los años posteriores a un terremoto (Fan et al. 2019). Las distancias de recorrido no se pueden capturar de forma consistente a partir de imágenes satelitales, especialmente en zonas con vegetación densa. Caracterizar el alcance de los deslizamientos contribuiría a comprender mejor la relación entre los eventos sísmicos y las precipitaciones que desencadenan dichos deslizamientos. La comparación del espesor del suelo entre áreas donde se registraron deslizamientos en los años 1999 y 2026 podría permitir comprobar si el agotamiento del material de origen en el año 1999 limitó el desencadenamiento de deslizamientos en las estribaciones de la Cordillera de la Costa.

10.7 Agradecimientos

Los autores agradecen sinceramente al Dr. José Luis López Sánchez del Instituto de Mecánica de Fluidos de la Universidad Central de Venezuela y al Ing. Gian Franco Morassutti por proporcionar información valiosa que sirvió de base para la investigación realizada para este estudio. También agradecemos sinceramente a los miembros del Programa de Riesgos de Deslizamientos de Tierra del USGS, en particular a la Dra. Kate Allstadt, así como a los miembros del Programa de Respuesta ante Desastres de la NASA, especialmente a Joshua Barnes.

10.8 Referencias

Altez, R. 2005. Historia sin memoria: La cotidiana recurrencia de eventos desastrosos en el estado Vargas-Venezuela. Revista Geográfica Venezolana, número especial 2005, 313–342.

Altez, R. y Urbani Patat, F. 2021. Morfologías del olvido: Abanicos aluviales, ocupación del espacio y vulnerabilidad en el litoral central de Venezuela. En J. L. López Sánchez (Ed.), Los aludes torrenciales de 1999 en Vargas: 20 años después (págs. 138-158). Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat de Venezuela.

Córdova, J. R. y González, M. (2003). Estimación de los volúmenes y caudales máximos que produjeron los aludes torrenciales ocurridos en diciembre de 1999 en cuencas del Litoral Central del Estado Vargas, Venezuela. Acta Científica Venezolana, 54 (Suplemento 1), 33–48.

Courtel, F., López, J. L., Bello, M. E., & Sánchez, K. (2021). Influencia de las obras de control de aludes torrenciales en la reducción de la amenaza en el Estado Vargas. En J. L. López Sánchez (Ed.), Los aludes torrenciales de 1999 en Vargas: 20 años después (págs. 379–404). Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat de Venezuela.

Centro de Observación y Ciencia de los Recursos Terrestres. (2018). Archivo EROS del USGS: Elevación digital: Misión Topográfica de Radar del Transbordador (SRTM) Global de 1 segundo de arco [Conjunto de datos]. U.S. Geological Survey. https://doi.org/10.5066/F7PR7TFT

Fan, X., Scaringi, G., Korup, O., West, A. J., van Westen, C. J., Tanyas, H., Hovius, N., Hales, T. C., Jibson, R. W., Allstadt, K. E., Zhang, L., Evans, S. G., Xu, C., Li, G., Pei, X., Xu, Q. y Huang, R. (2019). Earthquake-Induced Chains of Geologic Hazards: Patterns, Mechanisms, and Impacts. [Cadenas de peligros geológicos inducidas por terremotos: Patrones, mecanismos e impactos]. *Reviews of Geophysics*, *57*(2), 421–503. https://doi.org/10.1029/2018RG000626

FUNVISIS y FMI-UCV (2005). Evaluación y Diagnóstico del Comportamiento de las Presas para Control de Sedimentos y Canalizaciones en el Estado Vargas con Motivo de las Lluvias de Febrero de 2005. Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS) e Instituto de Mecánica de Fluidos (IMF) de la Universidad Central de Venezuela (UCV), Caracas, Venezuela.

Garini, E., Gazetas, G. y Anastasopoulos, I. (2011). Asymmetric 'Newmark' sliding caused by motions containing severe 'directivity' and 'fling' pulses. [Deslizamiento asimétrico de tipo

"Newmark" causado por movimientos que contienen pulsos de "directividad" y "lanzamiento" severos]. Géotechnique, 61(9), 733–756. https://doi.org/10.1680/geot.9.P.070

Genatios, C. (2010). Vargas: desastre, proyecto y realidad. Trabajo presentado ante la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat. Mayo.

Instituto de Mecánica de Fluidos y Departamento de Hidrometeorología. (2007, noviembre). Implementación de una red de estaciones hidrometeorológicas y simulación de inundaciones torrenciales en las cuencas de Tacagua, La Zorra y Mamo en el estado Vargas; Estudio de prevención del riesgo de origen hidrometeorológico y geodinámico en las cuencas de Tacagua, La Zorra y Mamo en el estado Vargas (Addendum): Informe final (Tomos I-III). Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela. Proyecto PREDERES.

Instituto de Mecánica de Fluidos y Centro de Estudios de Desastres Ambientales. (2002, junio). Mapas de amenaza por aludes torrenciales en las zonas del Estado Vargas y el Valle de Caracas definidas en el Proyecto Ávila: Informe final. Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela.

Larsen, M. C., Wieczorek, GF, Eaton, LS y Torres-Sierra, H. (2001). The rainfall-triggered landslide and flash flood disaster in northern Venezuela, December 1999. [El desastre de deslizamientos de tierra e inundaciones repentinas provocado por las lluvias en el norte de Venezuela, diciembre de 1999]. En Proceedings of the Seventh Federal Interagency Sedimentation Conference (págs. IV-9–IV-16)

Larsen, M. C., Wieczorek, GF y Latrubesse, E. (2006). Geomorphic effects of large debris flows and flash floods, northern Venezuela, 1999. [Efectos geomorfológicos de grandes flujos de detritos e inundaciones repentinas, norte de Venezuela, 1999]. Zeitschrift für Geomorphologie Neue Folge, Supplementband, 145, 147-175.

López, J.L. (2020). Aprendiendo del desastre de Vargas: Una visión crítica y constructiva sobre las medidas adoptadas para La mitigación del riesgo de aludes torrenciales. Trabajo de Incorporación como Individuo de Número, Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat, Caracas Venezuela. Disponible en: https://acading.org.ve/wp-content/uploads/2023/02/TI_JOSE_LOPEZ.pdf (último acceso: 29 de julio de 2026).

López, J. L., & Pérez-Hernández, D. (2010). El extraordinario evento hidrometeorológico de diciembre de 1999 en el estado Vargas. En J. L. López (Ed.), Lecciones aprendidas del desastre de Vargas: Aportes científico-tecnológicos y experiencias nacionales en el campo de la prevención y mitigación de riesgos (págs. 27–42). Fundación Empresas Polar – Universidad Central de Venezuela.

Morassutti, G. F. (2010a). Obras de control de torrentes en el Estado Vargas. Primera parte: Los criterios de diseño y la planificación. En J. L. López Sánchez (Ed.), Lecciones aprendidas del desastre de Vargas: Aportes científico-tecnológicos y experiencias nacionales en el campo de la prevención y mitigación de riesgos (págs. 383–398). Universidad Central de Venezuela – Fundación Empresas Polar.

Morassutti, G. F. (2010b). Obras de control de torrentes en el Estado Vargas. Segunda parte: El Plan Vargas 2005. En J. L. López Sánchez (Ed.), Lecciones aprendidas del desastre de Vargas:

Aportes científico-tecnológicos y experiencias nacionales en el campo de la prevención y mitigación de riesgos (págs. 399–418). Universidad Central de Venezuela – Fundación Empresas Polar.

Rodríguez, J. A., Urbani, F., Audemard, F., Stockhausen, H., Barboza, L., Rodríguez, S., Melo, L., Cano, V., Suárez, J. C., Castillo, A. y Fournier, H. (2001). El Macizo del Ávila, geología y procesos de degradación ocurridos en diciembre, 1999. En Taller Internacional "Estudios de métodos y acciones para contrarrestar los efectos producidos por terremotos en Caracas (1999–2001)" (Serie Técnica N.º 1, págs. 145–157). Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas.

Salcedo, D. (2000). Los flujos torrenciales catastróficos de Diciembre de 1999, en el estado Vargas y en Caracas: Características y lecciones aprendidas. Memorias XVI Seminario Venezolano de Geotecnia. 128–175.

Provita. (s.f.). Modelo de elevación digital [conjunto de datos GeoTIFF]. Geoportal Provita. Obtenido el 29 de julio de 2026 de https://geoportal.provita.org.ve/

Urbani, F. (2000). Consideraciones geológicas de la catástrofe del estado Vargas de diciembre de 1999. En Memorias del XVI Seminario Venezolano de Geotecnia: Calamidades geotécnicas urbanas con visión al siglo XXI (págs. 179-193). Sociedad Venezolana de Geotecnia.

Vos, K., Splinter, K. D., Harley, M. D., Simmons, J. A., & Turner, I. L. (2019). CoastSat: A Google Earth Engine-enabled Python toolkit to extract shorelines from publicly available satellite imagery. [CoastSat: un conjunto de herramientas en Python, compatible con Google Earth Engine, para extraer las líneas costeras de imágenes satelitales disponibles públicamente]. Environmental Modelling & Software, 122, 104528. https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2019.104528.

Wieczorek, GF, Larsen, M. C., Eaton, LS, Morgan, B. A. y Blair, J. L. (2001). Debris-flow and flooding hazards associated with the December 1999 storm in coastal Venezuela and strategies for mitigation [Riesgos de aludes de detritos e inundaciones asociados a la tormenta de diciembre de 1999 en la costa de Venezuela y estrategias de mitigación] (Open-File Report 01-144). U.S. Geological Survey.

11. IMPACTOS EN EDIFICIOS DE INGENIER Í A

Tabla 11-1. Autores principales de esta sección

Nombre	Afiliación
Luis Fargier-Gabaldón	Profesor asociado de la Práctica, University of Notre Dame
Francisco Pinto	Profesor Asistente, Universidad de Chile
Ramón Mata Lemus	Profesor Asistente; Universidad San Sebastián, Chile
Eduardo Núñez	Profesor asociado, Univ. Católica de la Santísima Concepción, Chile
Melanie Dickson	Investigadora asociada en NC State, EE. UU.

11.1 Resumen

Los terremotos del 24 de junio de 2026 tuvieron un impacto considerable en la infraestructura civil. El equipo de campo de GEER y los colaboradores locales realizaron visitas de reconocimiento en La Guaira, Caracas, y otras zonas afectadas para documentar las pruebas de los daños sufridos por edificios, instalaciones esenciales, muros, infraestructura de transporte y otros. Las Figura 11-1 a Figura 11-27 proporcionan evidencia de los diversos impactos observados durante estas visitas.

Se documentaron daños a edificios residenciales y comerciales en varias comunidades costeras de La Guaira, particularmente en Playa Escondida, Caraballeda, Los Corales y Catia La Mar. Entre los casos más significativos de daños severos o colapso se encuentran Residencias Caribemar en Playa Escondida (Figura 11-4), Residencias San Jorge en Playa Escondida (Figura 11-5), Residencias Sol Marino Garden en Catia La Mar (Figura 11-9), Residencias Don Peppino en Los Corales (Figura 11-10), Residencias Costa Azul en Los Corales (Figura 11-11), Centro Comercial IP5 en Caraballeda (Figura 11-12) y Edificio Auromar en Caraballeda (Figura 11-20). Se documentaron daños adicionales a edificios en el Banco de Venezuela, el Edificio Pleamar, el Edificio Remanso II, cerca de 031 Bistro y el Edificio Costa Bella (Figura 11-1 a Figura 11-3, Figura 11-6 y Figura 11-13). Los daños observados incluyen deterioros y derrumbes de elementos de muros y fachadas, así como daños más importantes en partes de estructuras individuales. En el emplazamiento de Residencias Don Peppino, el personal de campo observó diferencias notables en el comportamiento de las estructuras adyacentes, lo que podría justificar una investigación más exhaustiva de las condiciones locales del terreno y las características de los cimientos en la zona.

11.2 Ejemplos seleccionados de evidencia de campo

Las instalaciones esenciales, como los hospitales, también se vieron afectadas durante los terremotos de 2026. Ejemplos de daños pueden verse en las Figura 11-7 y Figura 11-8, que muestran vistas interiores y exteriores del Hospital Dr. Francisco A. Risquez en Caracas, y en la Figura 11-15, que muestra imágenes del Hospital San José en Maiquetía. En este caso, el equipo de campo informó haber observado que los daños se concentraban en las columnas del tercer piso del edificio de cuatro plantas, que, según indicaron, tenía aproximadamente 70 años de antigüedad.

Otro caso que involucró instalaciones esenciales fue el de la Terminal Catia La Mar (Figura 10-14), y entre las observaciones realizadas por los inspectores se encontraban defectos en elementos de pared y desplazamiento de losas de estacionamiento. Según se informa, las vigas y columnas de hormigón no presentaban daños visibles, mientras que los fallos observados podrían estar relacionados con deficiencias en la configuración estructural, las conexiones, el comportamiento del diafragma y los detalles constructivos.

Las observaciones de campo también indican que las condiciones del terreno y la deformación permanente del suelo influyeron en el rendimiento de la infraestructura. Se documentó evidencia de falla del terreno en Pueblo Ferriar, Marina de Caraballeda, Residencia Torre Marina, Urbanismo Hugo Chávez, Avenida José María España, Boulevard Niza y Mamo (Figura 11-16 a Figura 11-19, Figura 11-23, Figura 11-24 y Figura 11-26). En Pueblo Ferriar, el equipo de campo identificó una característica a unos 4 km del epicentro del terremoto de magnitud 7.5 que se extendía unos 380 m en una dirección generalmente paralela al río cercano y que estaba ubicada a pocos metros del cauce del río.

Finalmente, también se observaron daños en muros en varios lugares de Caracas (Figura 11-25), así como fallas de taludes localizadas a lo largo de la carretera Junquito-Colonia Tovar cerca de la frontera entre La Guaira y Caracas (Figura 11-27).



Figura 11-1. Banco de Venezuela, Playa Escondida, Caraballeda: (a) Antes de los terremotos, de Google Earth; (b) Después de los terremotos, fotografía cortesía de Francisco Pinto et al.; (c) Imagen aérea de Google Earth con fecha del 13 de mayo de 2024 (coordenadas del marcador; 10.6158426°, -66.8441623°).



Figura 11-2. Edificio Pleamar, Playa Escondida, Caraballeda: (a) Después de los terremotos, fotografía cortesía de Francisco Pinto et al.; (b) Imágenes aéreas de Google Earth del 13 de mayo de 2024 (coordenadas del marcador; 10.6128052°, -66.8244692°).



Figura 11-3. Edificio Remanso II, Playa Escondida, Caraballeda: (a) Después de los terremotos, fotografía cortesía de Francisco Pinto et al.; (b) Imagen aérea de Google Earth con fecha del 13 de mayo de 2024 (coordenadas del marcador; 10.6128236°, -66.8248012°).

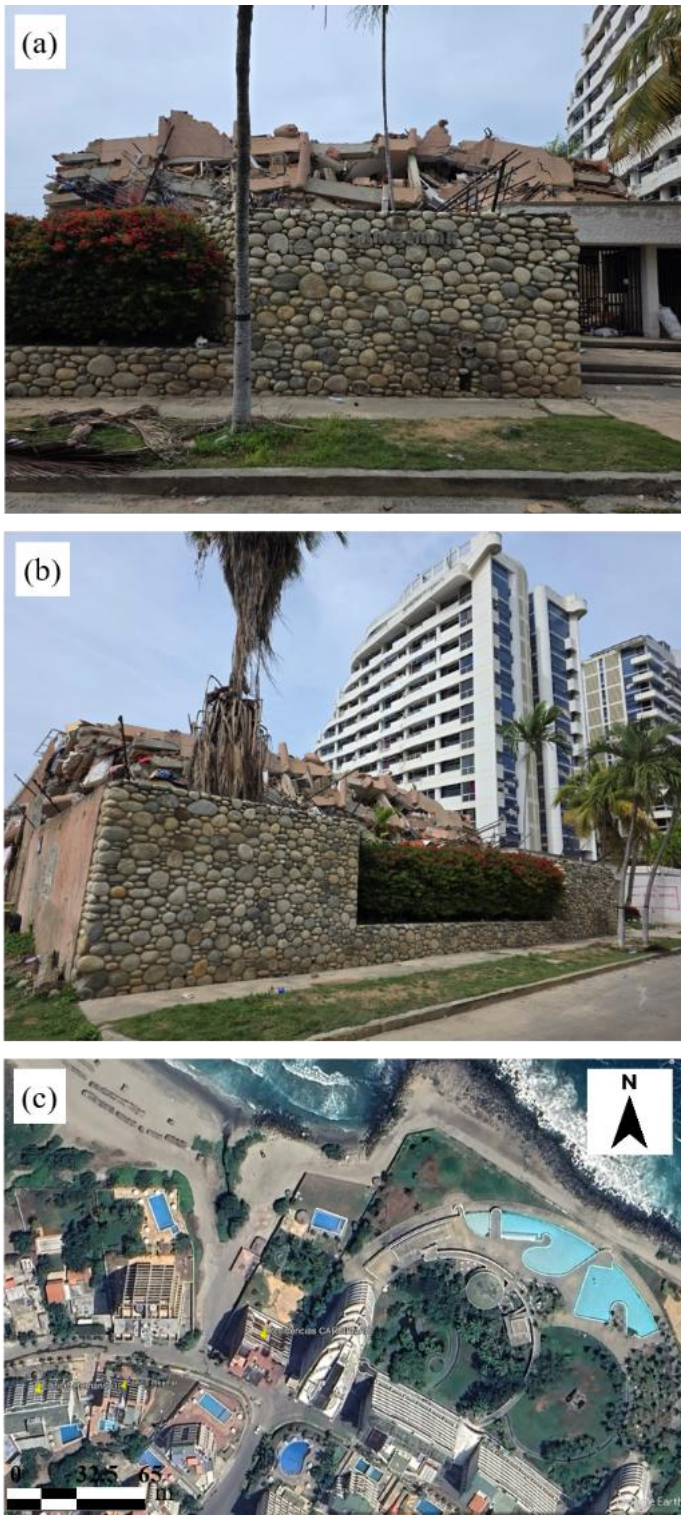


Figura 11-4. Residencias Caribemar, Playa Escondida, Caraballeda: (a,b) Después de los terremotos, fotografías cortesía de Francisco Pinto et al.; (c) Imágenes aéreas de Google Earth del 13 de mayo de 2024 (coordenadas del marcador; 10.6130375°, -66.8238775°).



Figura 11-5. Residencias San Jorge, Playa Escondida, Caraballeda: (a) Antes de los terremotos, de Google Earth; (b) Después de los terremotos, fotografía cortesía de Francisco Pinto et al.; (c) Imagen aérea de Google Earth con fecha del 13 de mayo de 2024 (coordenadas del marcador; 10.6120512°, -66.8249326°).

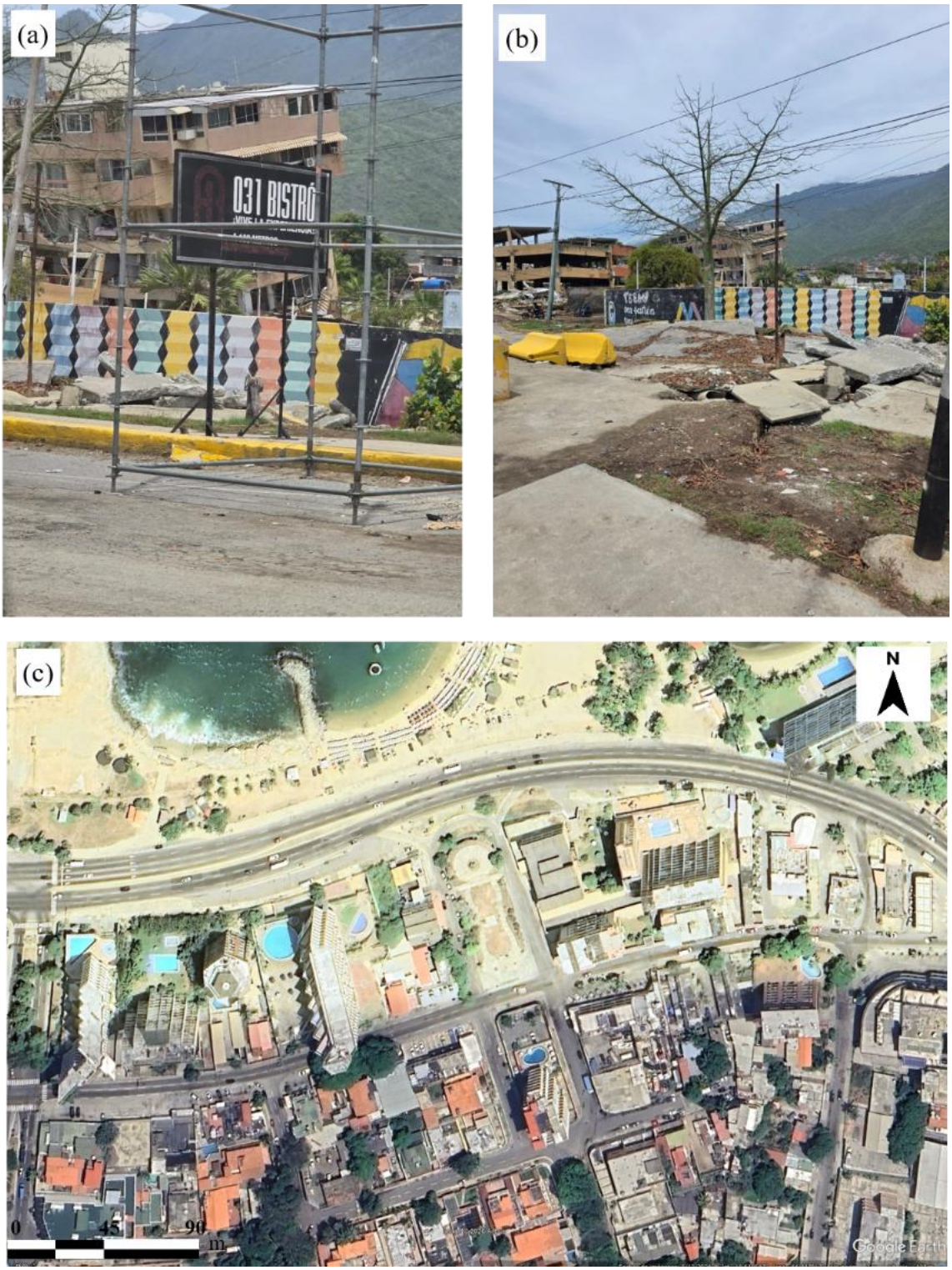


Figura 11-6. En las inmediaciones del Bistro 031, Caraballeda, La Guaira: (a,b) Después de los terremotos, fotografías cortesía de Francisco Pinto et al.; (c) Imágenes aéreas de Google Earth con fecha del 13 de mayo de 2024 (coordenadas aproximadas; 10.6181266°, -66.8481853°).



Figura 11-7. Hospital Dr. Francisco A. Risquez, Caracas: (a,b) Después de los terremotos, fotografías cortesía de Javier García et al. (vista exterior); (c) Imágenes aéreas de Google Earth con fecha del 21 de diciembre de 2025 (coordenadas del marcador; 10.5159638°, -66.9054790°).

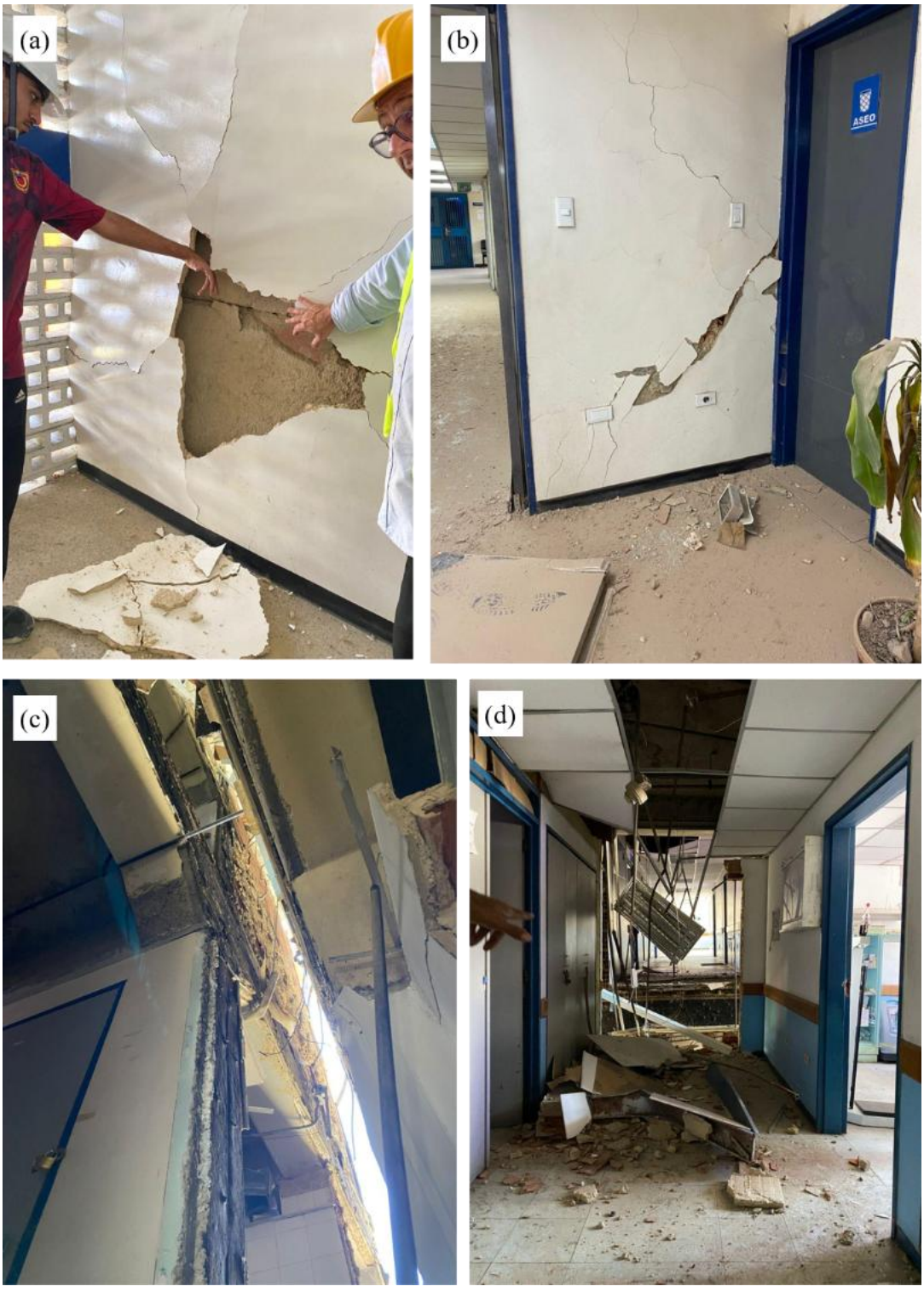


Figura 11-8. Hospital Dr. Francisco A. Risquez, Caracas: (a-d) Después de los terremotos, fotografías cortesía de Javier García et al. (vista interior)



Figura 11-9. Residencias Sol Marino Garden, Catia La Mar, La Guaira: (a) Después de los terremotos, fotografía cortesía de Javier García et al.; (b) Imagen aérea de Google Earth con fecha del 8 de mayo de 2026 (coordenadas del marcador; 10.6085261°, -67.0143629°).



Figura 11-10. Residencias Don Peppino, Los Corales, La Guaira: (a) Antes de los terremotos, de Google Earth; (b) Después de los terremotos, fotografía cortesía de Carlos Arcay Iturriza et al.; (b) Imagen aérea de Google Earth con fecha del 13 de mayo de 2024 (coordenadas del marcador; 10.6180597°, -66.8567721°).

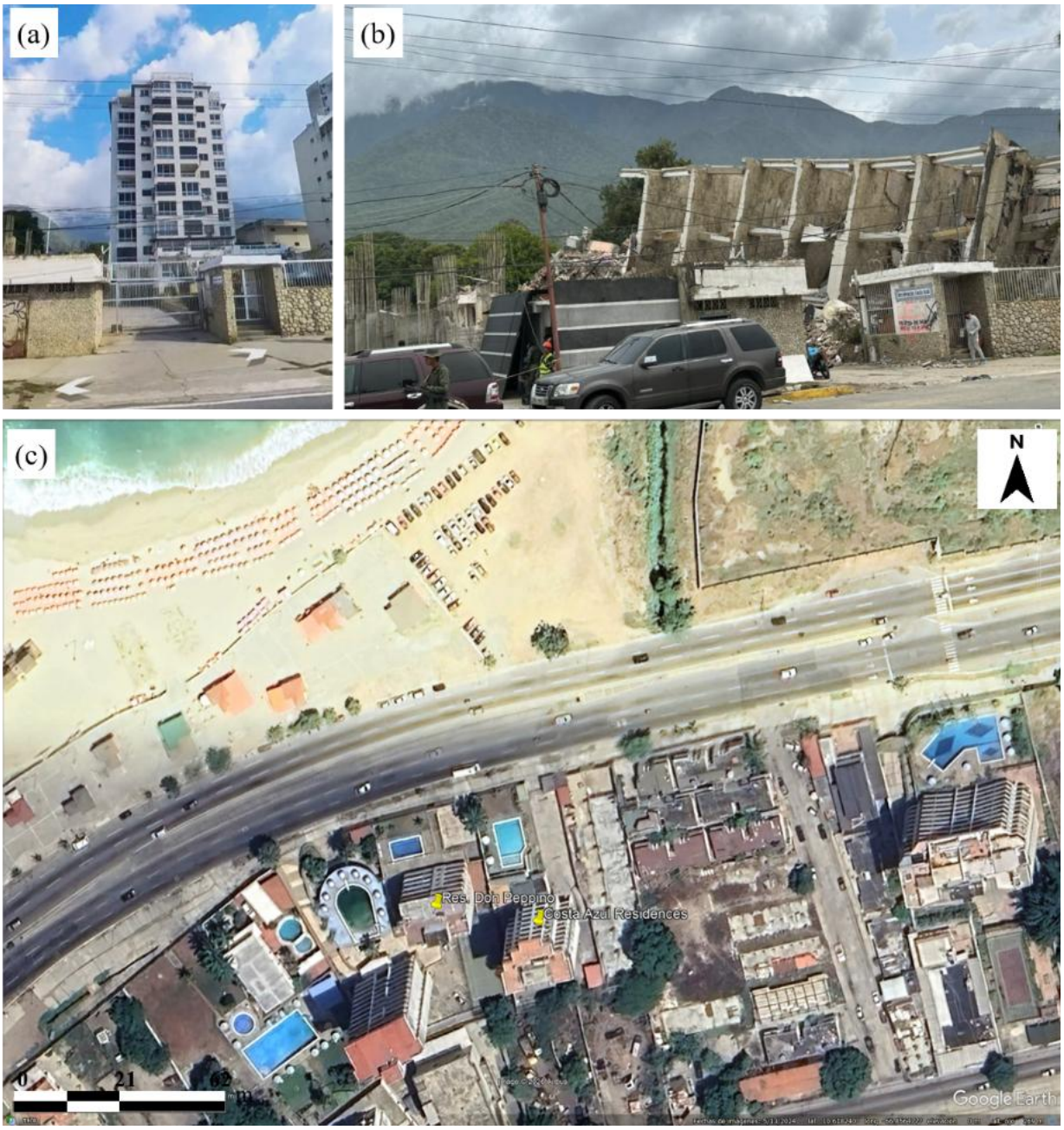


Figura 11-11. Residencias Costa Azul, Los Corales, La Guaira: (a) Antes de los terremotos, de Google Earth; (b) Después de los terremotos, fotografía cortesía de Carlos Arcay Iturriza et al.; (c) Imagen aérea de Google Earth con fecha del 13 de mayo de 2024 (coordenadas del marcador; 10.6179687°, -66.8564707°).



Figura 11-12. Centro Comercial IP5, Caraballeda, La Guaira: (a) Antes de los terremotos, de Google Earth; (b) Después de los terremotos, fotografía cortesía de Carlos Arcay Iturriza et al.; (c) Imagen aérea de Google Earth con fecha del 13 de mayo de 2024 (coordenadas del marcador; 10.6183576°, -66.8507656°).

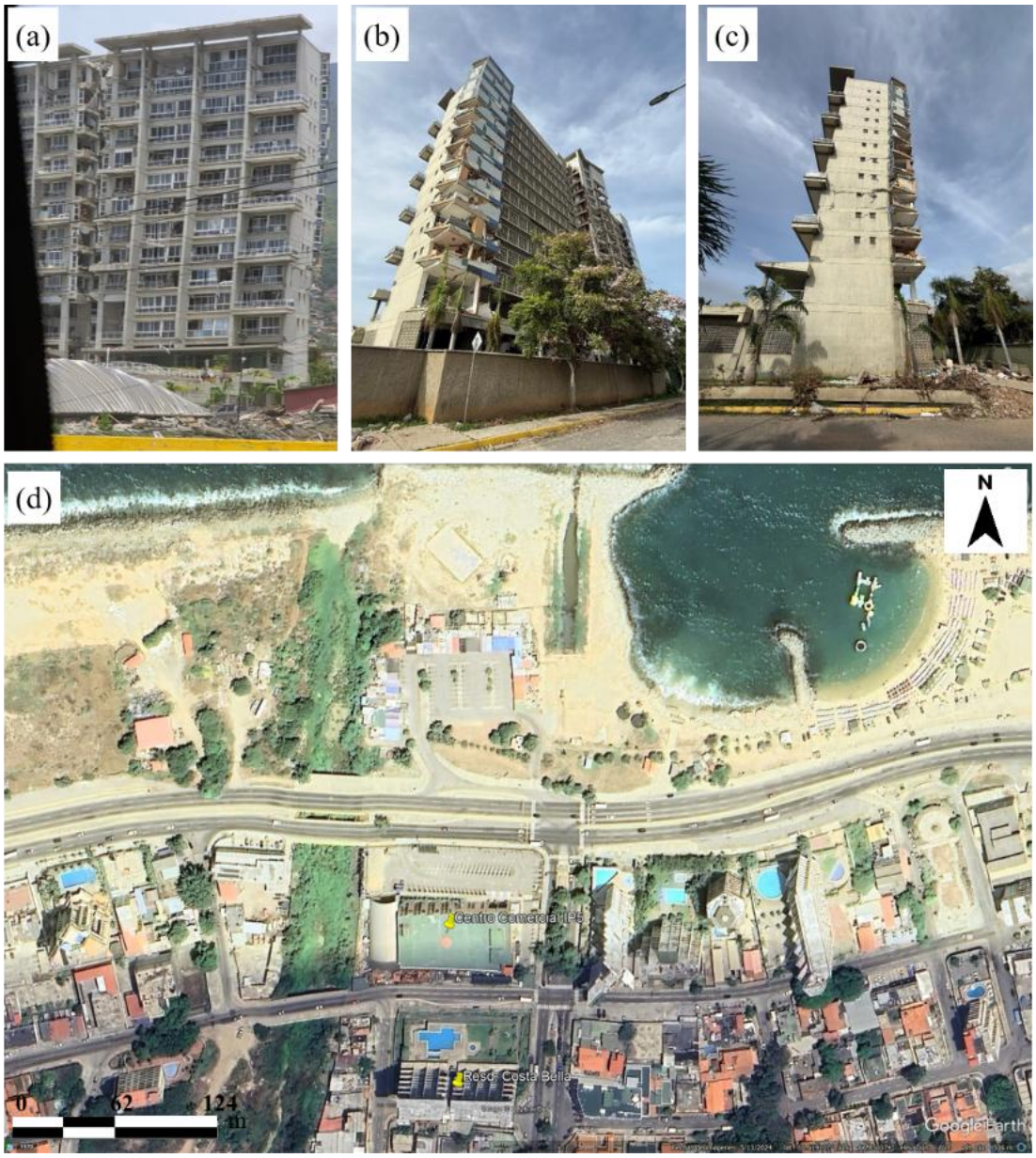


Figura 11-13. Edificio Costa Bella, Caraballeda, La Guaira: (a-c) Después de los terremotos, fotografías cortesía de Javier García et al.; (d) Imágenes aéreas de Google Earth con fecha del 13 de mayo de 2024 (coordenadas del marcador: 10.6176043°, -66.8507197°)

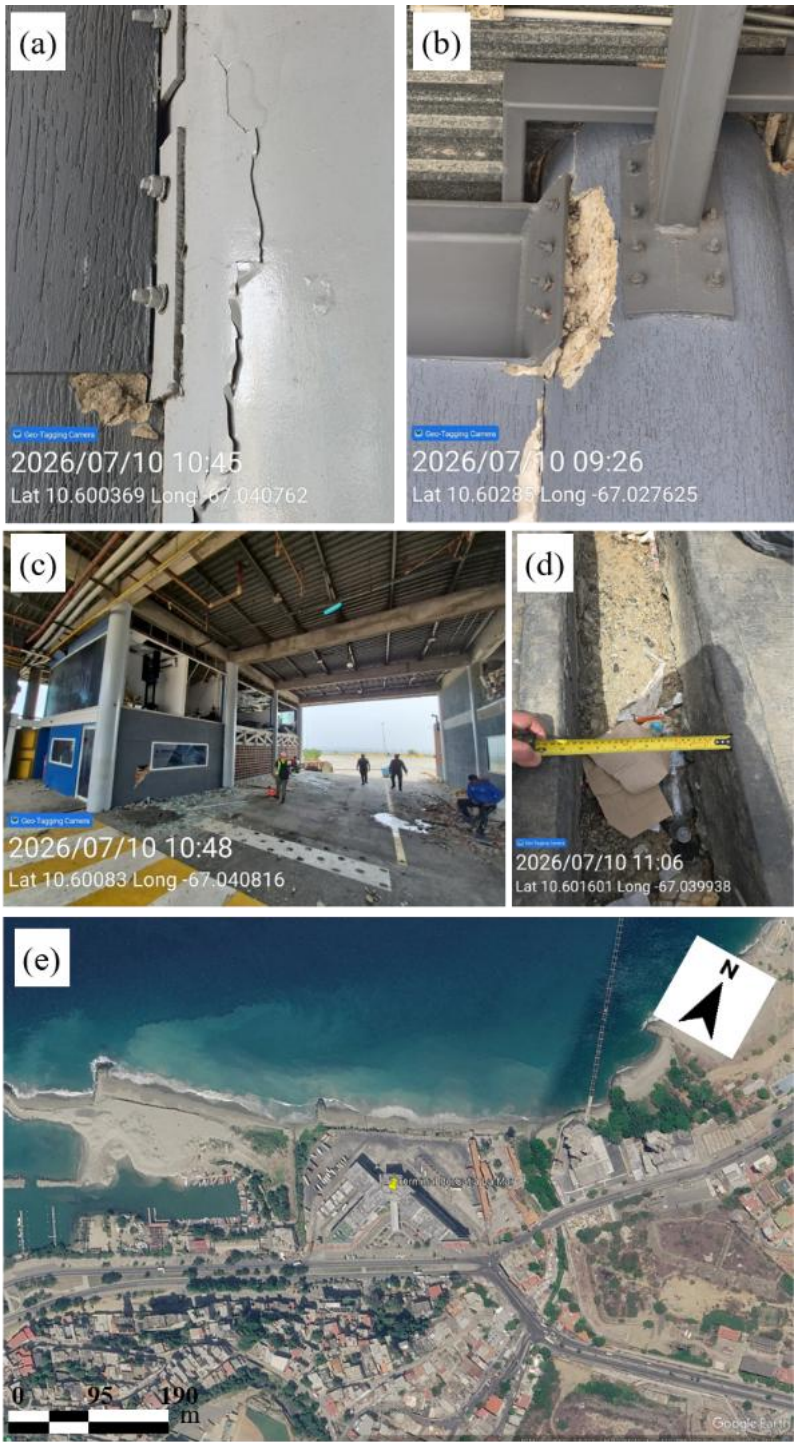


Figura 11-14. Terminal Catia La Mar, La Guaira: (a-d) Después de los terremotos, fotografías cortesía de Eduardo Núñez, Ramon Mata et al.; (b) Imágenes aéreas de Google Earth con fecha del 21 de diciembre de 2025 (coordenadas del marcador; 10.600856°, -67.040550°).



Figura 11-15. Hospital San José, Maiquetía, La Guaira: (a-f) Después de los terremotos, fotografías cortesía de Gustavo Iribarren et al. (vista interior); (g) Imágenes aéreas de Google Earth con fecha del 8 de mayo de 2026 (coordenadas del marcador; 10.5958047°, -66.9571705°).



Figura 11-16. Pueblo Ferriar, Yaracuy: (a) Después de los terremotos, fotografía cortesía de Ramon Mata, Eduardo Núñez et al.; (b) Imagen aérea de Google Earth con fecha del 21 de octubre de 2023 (coordenadas del marcador; 10.465698°, -68.561734°).

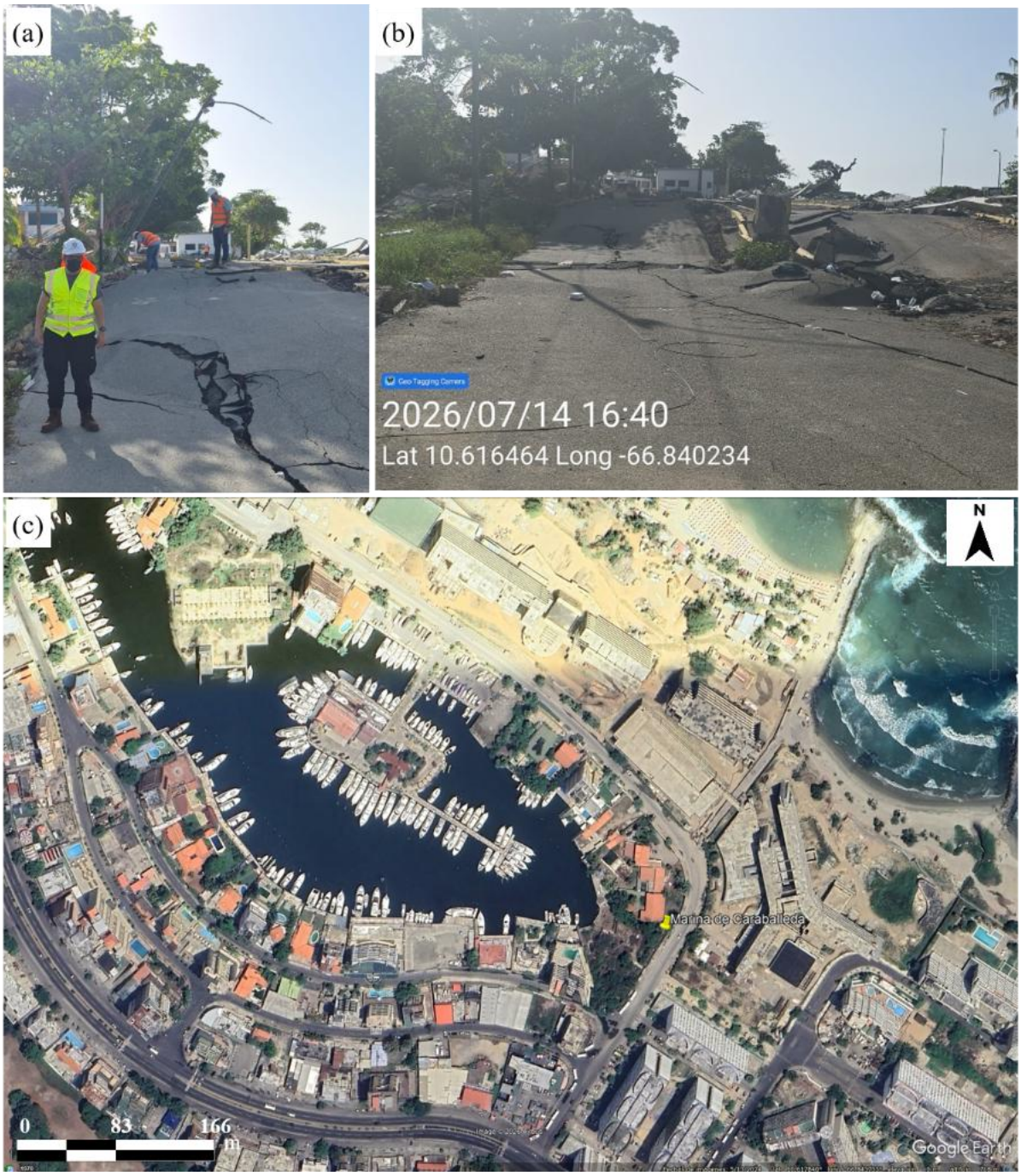


Figura 11-17. Marina de Caraballeda, Caraballeda, La Guaira: (a) Después de los terremotos, fotografía cortesía de Ramon Mata, Eduardo Núñez et al.; (b) Imagen aérea de Google Earth con fecha del 13 de mayo de 2024 (coordenadas del marcador; 10.616464°, -66.840234°).


(a)
E
SE
S
90
120
150
180
127°SE (T) 10°36'42"N, 67°1'7"W 44m (MSL)
15 Jul 2026, 12:12:14
(b)
W
NW
240
270
300
330
289°W (T) 10°36'46"N, 67°1'7"W 7m (MSL)
15 Jul 2026, 12:12:04
(c)
NW
N
NE
E
330
0
30
60
90
28°NE (T) 10°36'40"N, 67°1'9"W 60m (MSL)
RESIDENCIAS
TORRE MARINA
PROPIEDAD
PRIVADA
PROPIETARIOS ACTIVOS
15 Jul 2026, 12:00:10



Figura 11-18. Residencia Torre Marina, Playa Grande, Catia La Mar: (a-c) Después de los terremotos, fotografías cortesía de Luis Fargier et al.; (d) Imágenes aéreas de Google Earth con fecha del 8 de mayo de 2026 (coordenadas del marcador; 10.611680°, -67.018608°; 10.612796°, -67.018606°; 10.611117°, -67.019162°).

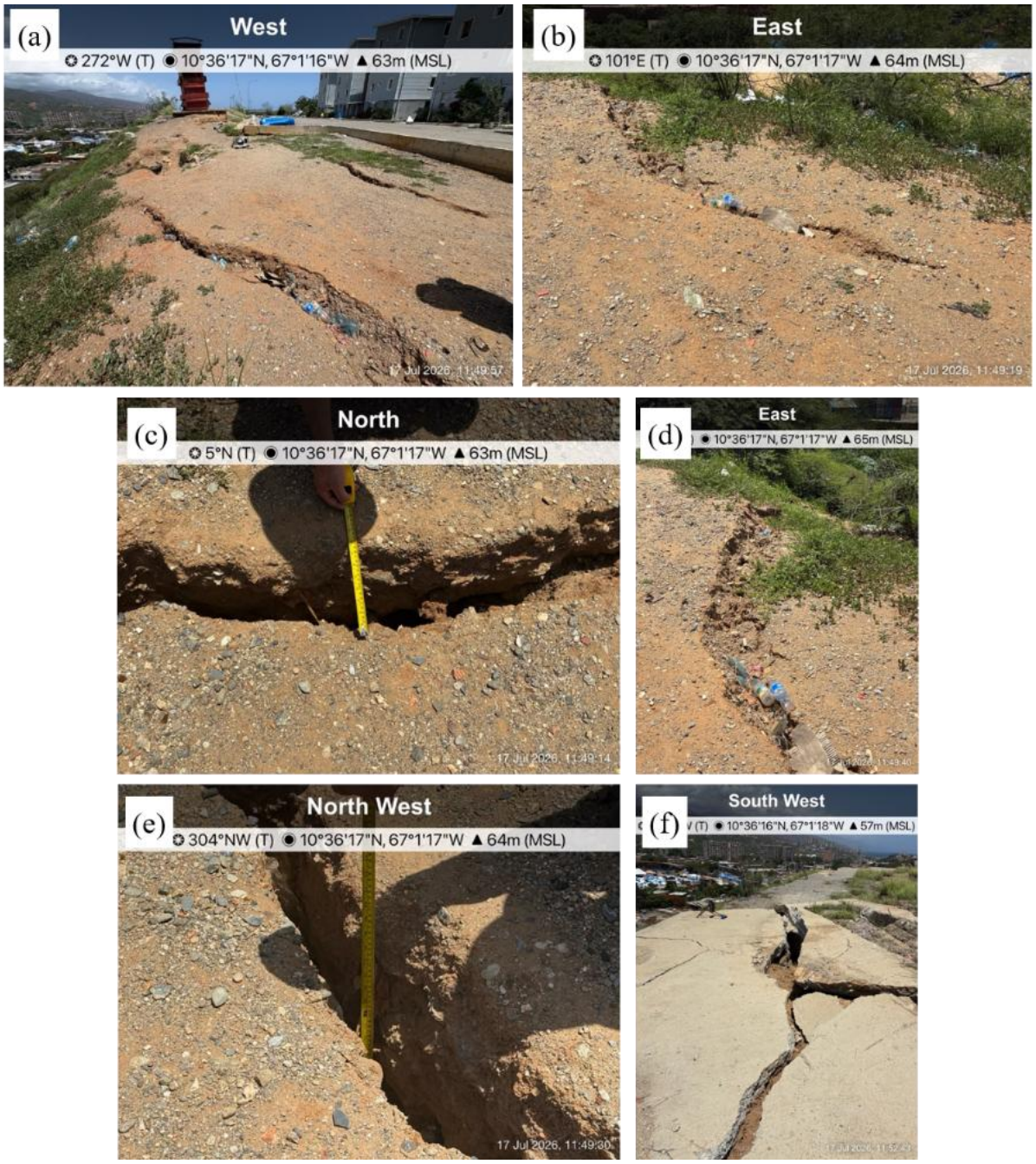

(a)
West
272°W (T) 10°36'17"N, 67°1'16"W 63m (MSL)
17 Jul 2026, 11:49:57
(b)
East
101°E (T) 10°36'17"N, 67°1'17"W 64m (MSL)
17 Jul 2026, 11:49:19
(c)
North
5°N (T) 10°36'17"N, 67°1'17"W 63m (MSL)
17 Jul 2026, 11:49:14
(d)
East
10°36'17"N, 67°1'17"W 65m (MSL)
(e)
North West
304°NW (T) 10°36'17"N, 67°1'17"W 64m (MSL)
17 Jul 2026, 11:49:30
(f)
South West
10°36'16"N, 67°1'18"W 57m (MSL)





Figura 11-19. Urbanismo Hugo Chávez, Catia La Mar, La Guaira: (a-g) Después de los terremotos, fotografías cortesía de Luis Fargier et al.; (d) Imágenes aéreas de Google Earth del 8 de mayo de 2026 (coordenadas del urbanismo; 10.607224°, -67.023786°)

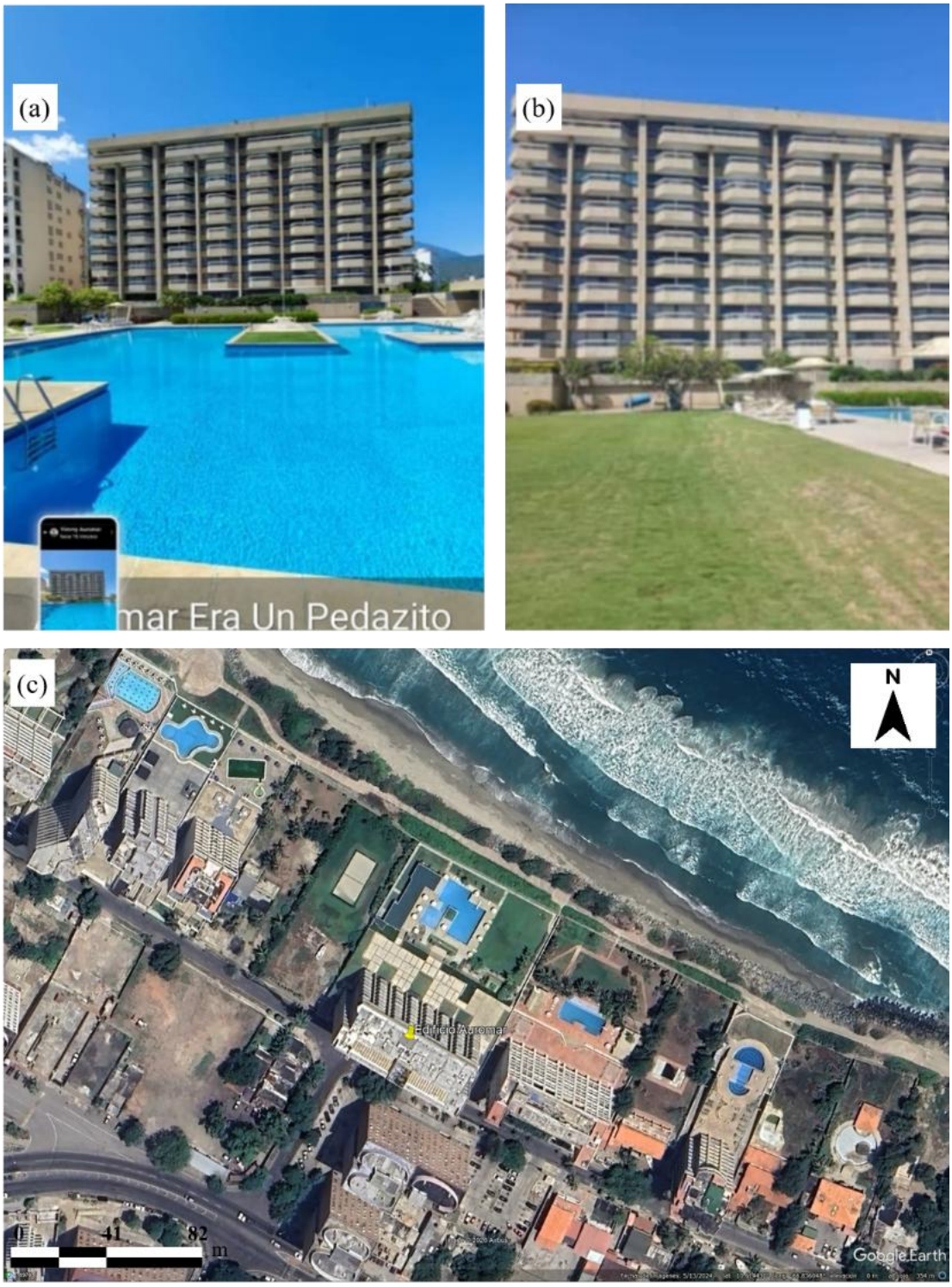


Figura 11-20. Edificio Auromar, Caraballeda, La Guaira: (a,b) Antes de los terremotos (c) Imágenes aéreas de Google Earth con fecha del 13 de mayo de 2024 (coordenadas del marcador; 10.6147290°, -66.8363246°).



Figura 11-21 Edificio Auromar, Caraballeda, La Guaira: (a-d) Después de los terremotos, fotografías cortesía de Luis Fargier (vista exterior) (coords.; 10.6147290°, -66.8363246°).



Figura 11-22. Edificio Auromar, Caraballeda, La Guaira: (a-c) Después de los terremotos, fotografías cortesía de Luis Fargier (vista interior) (coordenadas del marecador; 10.6147290°, -66.8363246°).



Figura 11-23. Avenida José María España, Caraballeda, La Guaira: (a,b) Después de los terremotos, fotografías cortesía de Luis Fargier; (c) Imágenes aéreas de Google Earth del 13 de mayo de 2024 (coordenadas del marcador; a: 10.618889°, -66.850278°; b: 10,618333 °, -66,855556 °).



Figura 11-24. Blvr. Niza, Caraballeda, La Guaira: (a) Carretera gravemente dañada tras los terremotos, sin viviendas ni otras estructuras, construida en terrenos ganados al mar tras el flujo de escombros de 1999, fotografía cortesía de Luis Fargier; (b) Imagen aérea de Google Earth con fecha del 13 de mayo de 2024 (coordenadas del marcador; 10.616944°, -66.847778°).

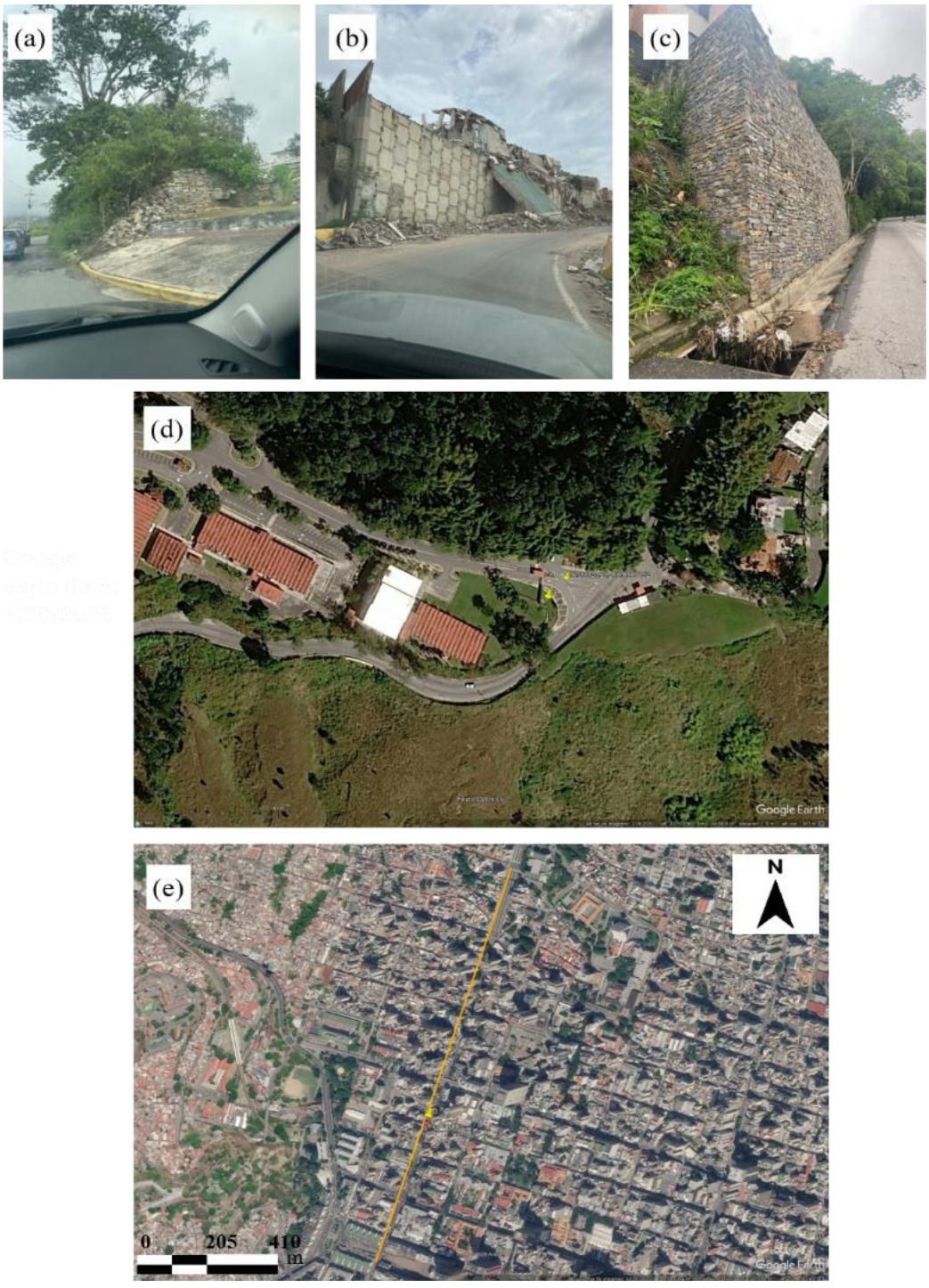


Figura 11-25 Caracas: (a) Falla del muro de contención después de los terremotos, (b-c) muros que no fallaron, fotografías cortesía de Eduardo García; (d) Imagen aérea del caso (a) de Google Earth con fecha del 30 de enero de 2026; (e) Imagen aérea del caso (b) de Google Earth con fecha del 21 de diciembre de 2025 (coordenadas del marcador; a: 10.4032190°, -66.8807752°; otras referencias.; b: Avenida Baralt).

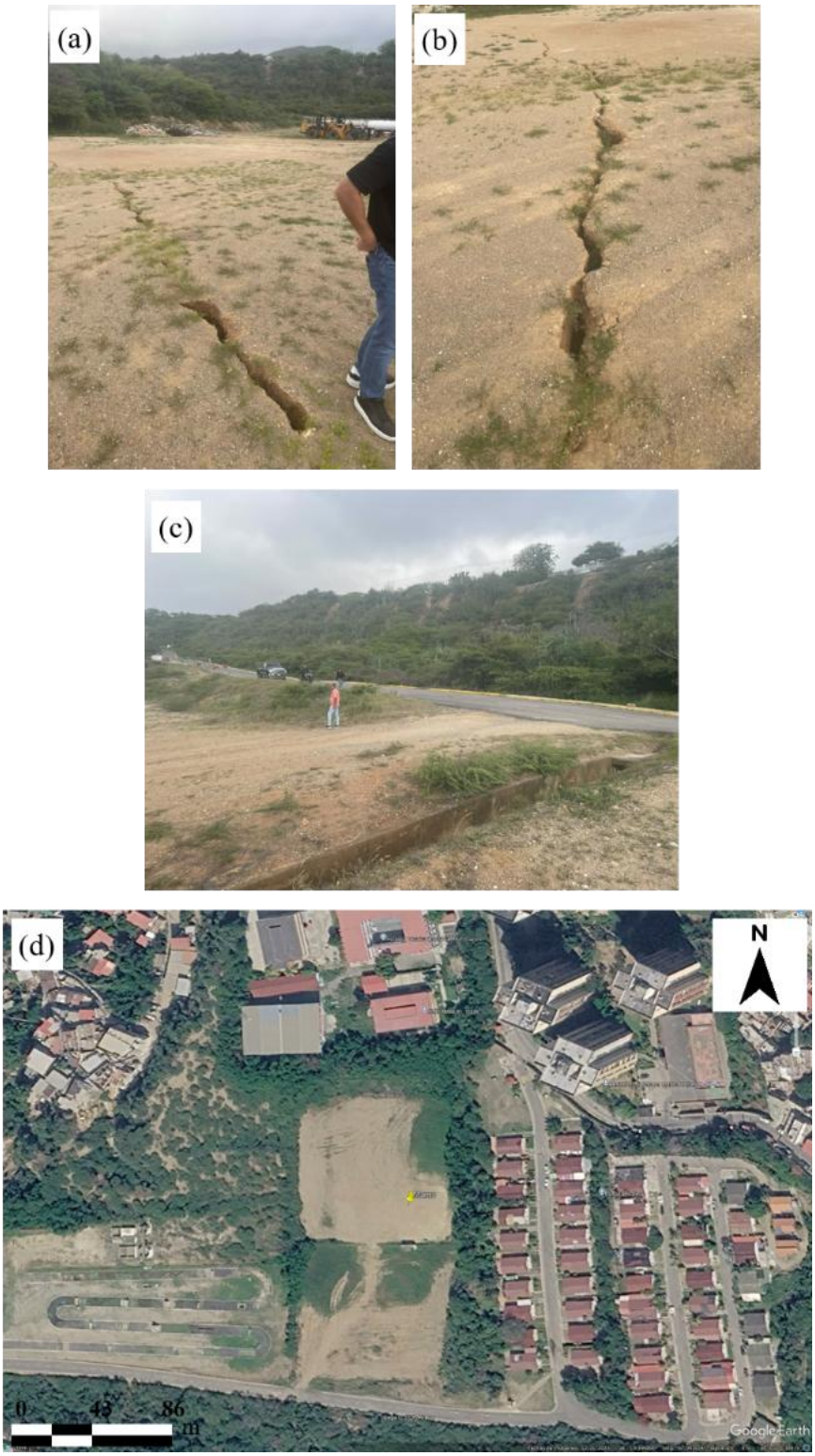


Figura 11-26 Mamo, La Guaira: (a-c) Evidencia de fisuras en el suelo después de los terremotos, fotografías cortesía de Gustavo Iribarren; (d) Imágenes aéreas de Google Earth con fecha del 21 de diciembre de 2025 (coordenadas del marcador; 10.594722°, -67.042222°).

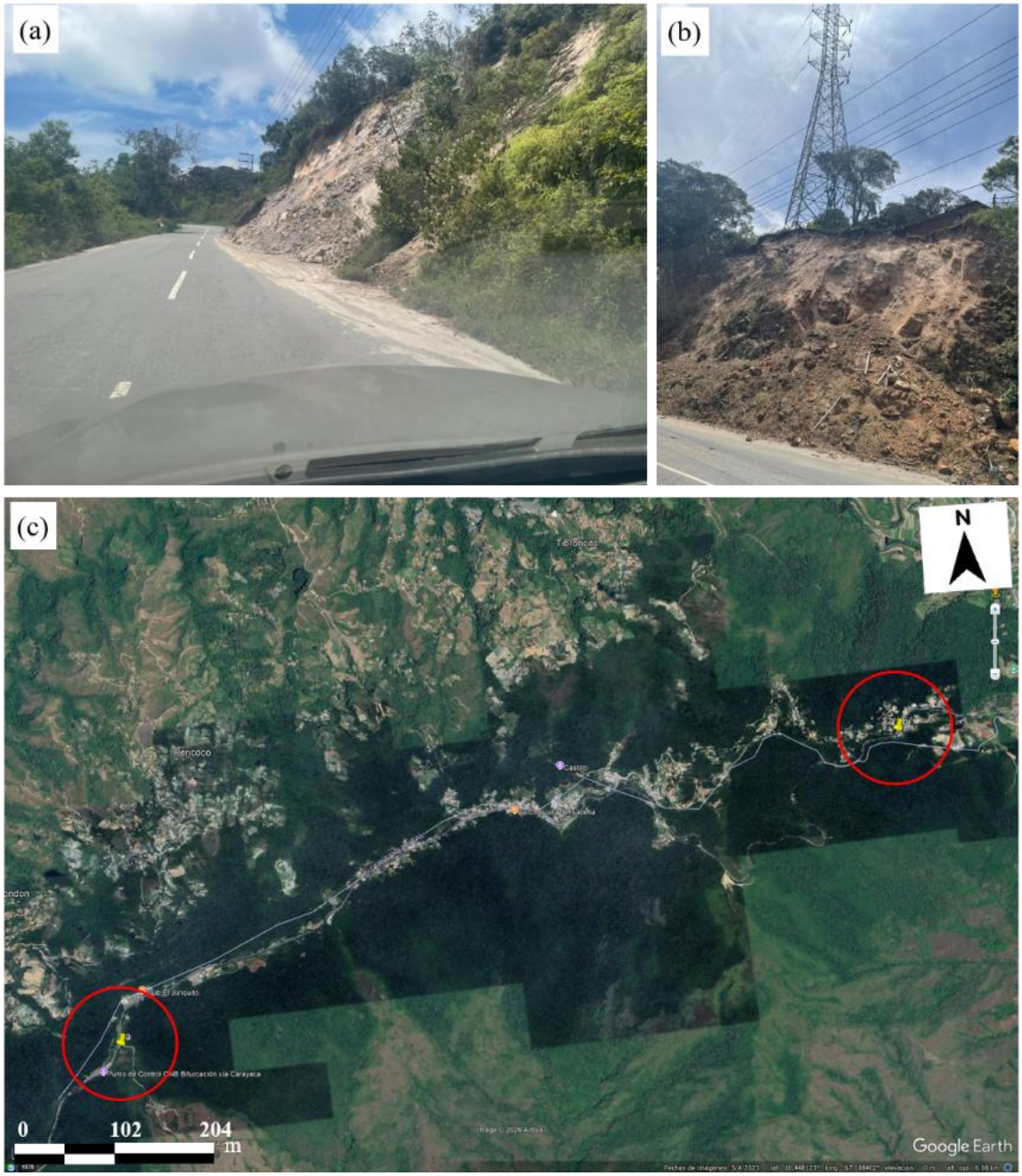


Figura 11-27. Carretera El Junquito-Colonia Tovar, frontera entre La Guaira y Caracas: (a,b) Fallas de taludes localizadas a lo largo de la carretera tras los terremotos, fotografías cortesía de Gustavo Iribarren; (d) Imágenes aéreas de Google Earth con fecha del 21 de diciembre de 2025 (coordenadas del marcador; a: 10.446667°, -67.144444°; b: 10,460000 °, -67,093333 °).

11.3 Interacción estructura-suelo-estructura en un área urbana agrupada alrededor de la avenida Playa Grande, Catia La Mar

El caso de estudio presentado es un gran complejo de viviendas públicas en el sector Playa Grande de Catia La Mar, parroquia Urimare, estado La Guaira, en terreno plano inmediatamente tierra adentro de la carretera costera y a unos 11 km al oeste del puerto de La Guaira (Figura 11-28). El equipo de reconocimiento visitó el complejo los días 13 y 15 de julio de 2026 y regresó el 30 de julio de 2026.

Este complejo se describe aquí porque su disposición es similar a la configuración utilizada en estudios idealizados de interacción entre estructuras vecinas (Luco y Contesse, 1973; Wong y Trifunac, 1975). Varios cientos de edificios similares de cuatro plantas, pero construidos en tres fases diferentes y con la misma distribución, están dispuestos en una cuadrícula regular. Dentro de la misma fila, los edificios están separados por unos cinco metros, una distancia pequeña en comparación con las dimensiones de sus propias plantas; entre filas, la separación es de unos dieciséis metros. Dado que las unidades son similares, aunque con algunas diferencias estructurales, esto se convierte en un interesante caso de estudio para una evaluación más exhaustiva.

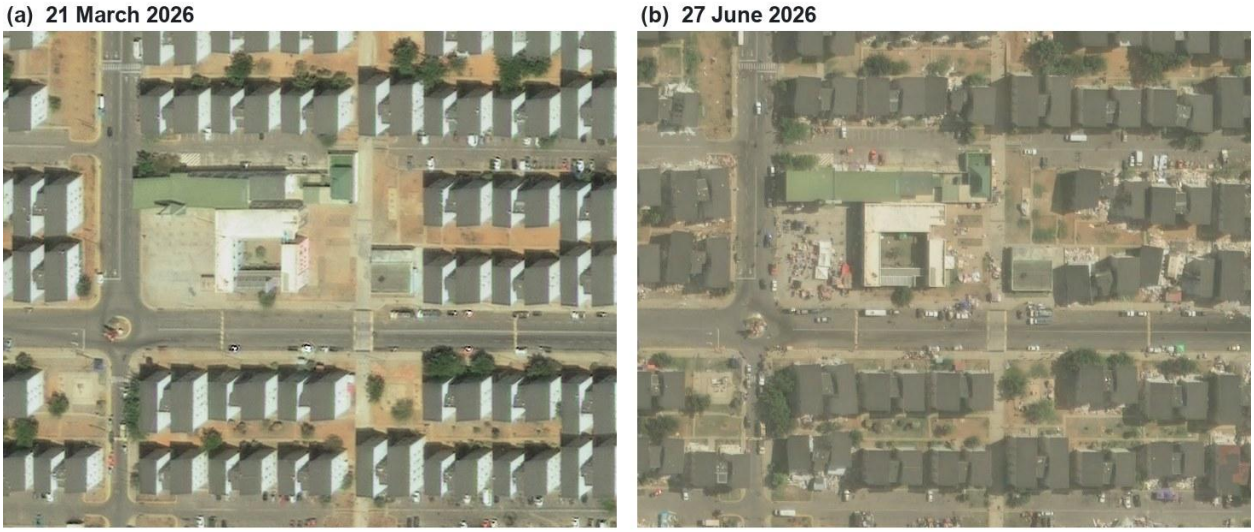


Figura 11-28. Bloque representativo del complejo (a) antes y (b) después de los terremotos, que muestra la cuadrícula regular de las unidades y el espaciado reducido dentro de cada fila. Imágenes: Vantor (Maxar) Datos abiertos, CC BY-NC 4.0 (coordenadas GPS del centro del bloque: 10°36'24"N, 67°01'27"W).



Figura 11-29. Un único módulo visto desde la calle. Las dos alas y el tramo central retranqueado entre ellas dan lugar a la planta en forma de H que se puede ver desde arriba en la Figura 11-28, y las aberturas entre ellas son esquinas entrantes de un mismo edificio en lugar de huecos entre edificios separados. Un módulo vecino se encuentra a pocos metros de distancia, en el borde izquierdo del marco (coordenadas GPS: 10°36'27.6"N, 67°01'19.7"W).

11.3.1 Ausencia de fallas del terreno

No se observaron evidencias de fallas del terreno en ningún lugar dentro del complejo. El equipo no encontró volcanes de arena, material eyectado, fisuras en el terreno ni propagación lateral, ni durante la inspección de campo ni en las imágenes satelitales obtenidas tres días después de los terremotos. El sitio es plano y no presenta ningún frente libre dentro del complejo, por lo que las condiciones que favorecerían la propagación lateral están ausentes en cualquier caso. Los pavimentos, los bordillos y los senderos peatonales entre los edificios permanecían continuos y sin perturbaciones, excepto en los lugares donde habían caído escombros sobre ellos.

No se observaron daños atribuibles a asentamientos diferenciales ni a fallas por capacidad portante. Las fotografías tomadas por miembros del equipo de campo de GEER que muestran el desempeño de los anclajes que conectan la losa de cimentación con el sistema de resistencia a fuerzas laterales en algunas de las unidades se muestran en la Figura 11-30. En algunas unidades no se observaron daños en la losa de cimentación.

La ausencia de daños o alteraciones en el sistema suelo-cimentación no debe interpretarse como evidencia de que el terreno no haya contribuido al patrón de daños observado. Se ha reportado que la interacción inercial entre una estructura y un suelo deformable modifica la respuesta sin necesariamente dejar una evidencia visible en la cimentación (por ejemplo, Veletsos y Meek, 1974; Stewart et al., 1999; NIST, 2012).



Figura 11-30. Fotografías tomadas por miembros del equipo de campo de GEER que muestran el funcionamiento de los anclajes que conectan la losa de cimentación con el sistema de resistencia a fuerzas laterales en algunas de las unidades.

11.3.2 El patrón de daño

La observación que motivó esta sección es que edificios similares muy próximos entre sí, en cada fase, mostraron daños marcadamente diferentes. En la misma fila, era común encontrar una vivienda cuya planta baja se había derrumbado por completo, justo al lado de otras que no se habían derrumbado pero que presentaban diferentes patrones de daños. Este contraste, que se repitió en numerosas ocasiones en todo el complejo, no es lo que cabría esperar si la carga hubiera sido uniforme y los edificios fueran tan similares como parecen ser para un observador externo.

Es posible que los daños no se distribuyan al azar. Las unidades que colapsaron parecen hacerlo en grupos (véase la Figura 11-31, donde se muestra una sección representativa del complejo con

las unidades colapsadas y aquellas que quedaron en pie marcadas en la imagen posterior al terremoto).

En algunas unidades, los daños observados son más significativos en la dirección en la que los edificios están más cerca. Los vecinos dentro de una misma fila están separados por unos cinco metros; los vecinos en filas adyacentes, por 15 metros. Esta observación podría explicarse por la interacción entre estructuras vecinas.

La Figura 11-32 y la Figura 11-33 muestran el aspecto de los dos estados considerados en esta sección: una unidad que perdió su planta baja y se hundió sobre los escombros, y una unidad vecina, a poca distancia, que permaneció en pie con la mampostería de su planta baja muy agrietada.



Figura 11-31. Estado de los daños en las unidades individuales sobre la imagen satelital posterior al terremoto. El derrumbe parece producirse en grupos que siguen las hileras: varias hileras se ven afectadas casi de extremo a extremo, mientras que las hileras adyacentes, a poco más de quince metros de distancia, presentan diferentes patrones de daños. Imagen base: Vantor (Maxar) Datos

abiertos, CC BY-NC 4.0 (coordenadas GPS del área mostrada: 10°36'20"N a 10°36'30"N, 67°01'20"W a 67°01'35"W).

Se ha reportado (por ejemplo, Luco y Contesse, 1973; Lou et al., 2011) que una estructura que vibra sobre un suelo deformable irradia energía nuevamente hacia el suelo, y que el campo de ondas radiado alcanza las cimentaciones de los edificios circundantes, de modo que cada estructura es excitada no solo por el movimiento incidente, sino también por el movimiento que sus edificaciones vecinas le imponen a través del suelo. Cuando los edificios son escasos y están muy separados entre sí, este efecto es despreciable; sin embargo, cuando numerosas estructuras idénticas se ubican unas de otras a distancias inferiores a una longitud de onda, las contribuciones se suman coherentemente y el movimiento dentro del conjunto puede diferir de manera apreciable del movimiento de campo libre. Este es el régimen descrito en la literatura sobre la interacción sitio-ciudad (Gueguen et al., 2002; Kham et al., 2006; Bard et al., 2008), el cual ha sido observado experimentalmente en sitios instrumentados (Gueguen y Bard, 2005) y reproducido en modelos físicos de pequeños conjuntos de edificios (Aldaikh et al., 2015).

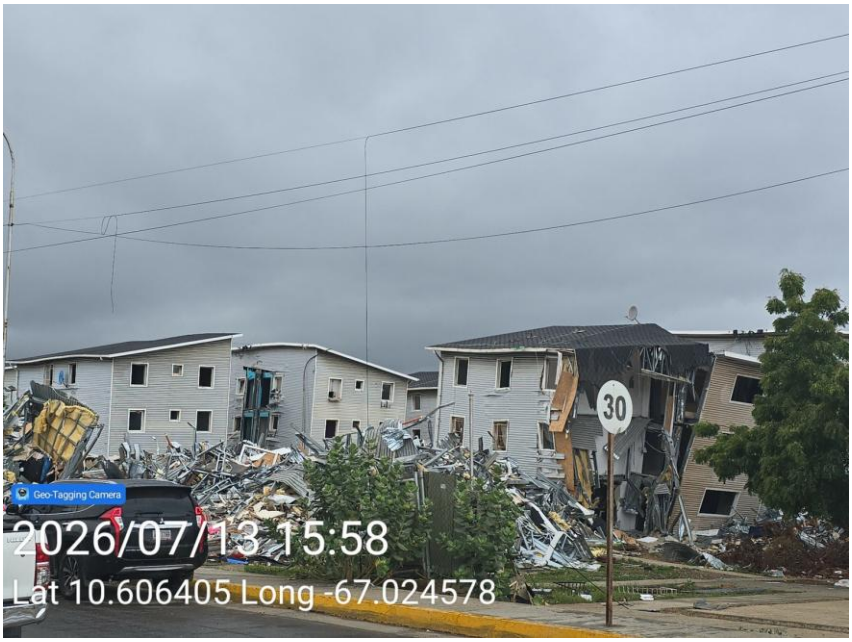


Figura 11-32. Una vivienda que perdió su planta baja. Los pisos superiores se derrumbaron sobre los escombros del piso inferior y permanecen prácticamente intactos, razón por la cual este fallo es difícil de apreciar en las imágenes verticales. Detrás de ella hay unidades del mismo tipo, y la unidad de la derecha ha perdido la esquina de su carcasa (coordenadas GPS: 10°36'23.7"N, 67°01'26.5"W).



Figura 11-33. Una unidad aparentemente del mismo tipo que la que se muestra en la Figura 11-31, pero ubicada a poca distancia, con su primer piso muy agrietado; sin embargo, sigue en pie. Los escombros de la izquierda pertenecen a la unidad derrumbada que se encuentra a su lado (coordenadas GPS: 10°36'23.9"N, 67°01'29.9"W).

11.3.3 Interpretación

No se observaron asentamientos diferenciales ni fallas por capacidad portante en el terreno. Además, los daños entre unidades aparentemente similares parecen estar agrupados en lugar de ser aleatorios, y dicha agrupación se produce en la dirección en la que los edificios se encuentran más cerca unos de otros.

La posible interacción entre estructuras vecinas, transmitida a través del suelo entre cimientos muy próximos, podría ser un factor que contribuya a los patrones de colapso/no colapso observados y debería investigarse más a fondo. Las observaciones del equipo de campo de GEER no pueden confirmar este mecanismo ni descartar otras dos explicaciones que producirían un patrón similar. La variabilidad lateral del suelo bajo un complejo de esta magnitud generaría diferencias de carga espacialmente correlacionadas; y dado que las unidades se construyen secuencialmente a lo largo de una fila, cualquier variación en el sistema estructural (es decir, en el sistema de resistencia a fuerzas laterales de las unidades) o entre lotes de construcción también se manifestaría fila por fila. Lamentablemente, la alineación de los daños con las filas es coherente con las tres explicaciones, y la observación por sí sola no nos permite distinguirlas.

La interacción a través del suelo difiere del caso más conocido de dos edificios que chocan entre sí, y esta distinción es importante en este caso. El contacto entre unidades vecinas es un mecanismo local que redistribuye fuerzas entre las dos unidades involucradas y deja una huella en el punto de impacto; el equipo no encontró dicha huella en este complejo, ni evidencia de que alguna unidad haya chocado con su vecina. En cambio, el acoplamiento a través del suelo es un efecto de campo:

modifica la excitación en todo el grupo y cabría esperar que produjera diferencias entre unidades que nunca entraron en contacto. La organización de los daños a escala de filas enteras es de ese segundo tipo, razón por la cual el equipo considera que el acoplamiento a través del suelo es algo que debe comprobarse en lugar de descartarse, y por la cual las mediciones recomendadas a continuación están dirigidas al movimiento dentro del grupo en lugar de a los edificios únicamente.

11.3.4 Recomendaciones

El complejo residencial constituye un entorno excepcionalmente favorable para estudiar la interacción entre estructuras, precisamente porque muchas unidades aparentemente similares se encuentran muy cerca unas de otras en un terreno que no sufrió fallas, y el equipo recomienda que se vuelva a visitar antes de que la demolición y la reconstrucción eliminen las evidencias.

Una campaña de mediciones de ruido ambiental en todo el complejo residencial sería de particular valor y resulta económica en relación con el conjunto de datos que generaría. Las estaciones ubicadas en el campo libre entre las filas y en las unidades que aún se conservan, a lo largo de transectos que discurren tanto a lo largo de una fila como en dirección transversal a las filas, permitirían establecer las características dinámicas del terreno y de los edificios independientemente de cualquier suposición, y comprobarían directamente si el movimiento dentro del grupo difiere del que se produce fuera de él.

11.4 Panorama general de los códigos de diseño sísmico (1939–2026)

El primer documento que incluyó los efectos sísmicos fue el Código de Diseño del Ministerio de Obras Públicas (MOP) de 1939. Sin embargo, no incluye microzonificación sísmica para todo el país. Los edificios situados cerca de regiones montañosas o cerca de las costas (donde se ubican las principales fallas de Venezuela) debían resistir fuerzas laterales. Se prescribió un coeficiente sísmico, definido como la relación entre el esfuerzo cortante en la base y el peso del edificio, igual a 0.05, basándose en el diseño por esfuerzos admisibles de los materiales.

En 1947 se publicó una nueva versión del código. Contaba con tres zonas sísmicas, A, B y C, con coeficientes sísmicos de 0.10, 0.05 y 0 (sin amenaza sísmica), respectivamente. La Guaira y Caracas fueron asignadas a la Zona A. Ni la versión de 1939 ni la de 1947 del Código MOP especificaban el control de desplazamientos para los edificios.

La mayoría de los edificios afectados por los terremotos del 24 de junio de 2026 fueron diseñados después de 1955. A continuación, se presenta un resumen de varios códigos de diseño.

11.4.1 Ministerio de Obras Públicas (MOP) 1955

Tras el terremoto que azotó El Tocuyo en 1950, se publicó el Código de Diseño de 1955. El país estaba dividido en tres zonas sísmicas. El estado de Sucre y partes de Táchira y Lara, con la mayor amenaza sísmica, fueron designados como zona C. La mayoría de los estados al oeste de la falla de Boconó, y al sur de los estados de Aragua, Carabobo, Miranda, Anzoátegui y Monagas, fueron asignados a la zona sísmica B (que incluye La Guaira y Caracas), con un riesgo intermedio, y el resto del país fue asignado a la zona A (sin amenaza sísmica).

Para la estructura típica con armazón. Los edificios debían diseñarse con un coeficiente sísmico igual a 0.3 / (N+4.5), donde N es el número de pisos. Para las estructuras que resisten las fuerzas

inducidas por terremotos mediante muros, el coeficiente sísmico fue de 0.05. Cabe señalar que los coeficientes sísmicos se basaron en el diseño por esfuerzos admisibles, como en los códigos de 1939 y 1947. En consecuencia, los coeficientes sísmicos deben multiplicarse por aproximadamente 1.5 para poder compararlos con los códigos de diseño sísmico modernos basados en el diseño por resistencia última. Además, cabe señalar que en ocasiones se adoptó una interpretación no oficial de este coeficiente, lo que en algunos casos llevó al diseño de edificios con demandas de fuerza lateral menores a las previstas (Seed, B; Idriss, I; Dezfulian, H; 1970). El Código MOP 1955 no prescribía el control de desplazamientos de las estructuras durante los terremotos.

11.4.2 Ministerio de Obras Públicas 1967

El diseño sismorresistente se incorporó por primera vez a las normativas en 1967, tras el terremoto de Caracas. Poco después del terremoto de 1967, el Ministerio de Obras Públicas, MOP, publicó la "Norma Provisional para Construcciones Antisísmicas". El país se dividió en tres microzonas: desde la zona 3, con los requisitos más estrictos, hasta la zona 0, definida como la zona sin actividad sísmica. La Guaira fue clasificada como zona 3.

El código tuvo en cuenta las condiciones del sitio, como se muestra en la Figura 11-34 y en la Tabla 11-2. Los edificios que resisten los efectos de los terremotos con pórticos resistentes a momento "dúctiles" se clasifican como Grupo I. El Grupo II incluye sistemas de muros de corte, hechos de hormigón o mampostería, que fueron designados como sistemas frágiles. El Grupo III incluye edificios de tipo péndulo, con una sola columna. En lo que respecta a las condiciones del sitio, se hizo una distinción entre edificios sobre roca (las dos últimas filas de la Tabla 11-2) y edificios sobre depósitos aluviales (la segunda y la tercera fila). La relación de deriva lateral de la estructura se calculó con las fuerzas laterales de la Tabla 11-2, que se limitó al 0.2 % (sin amplificación del desplazamiento lateral). Los análisis estructurales se basaron en las propiedades de la sección transversal bruta. También se establecieron requisitos de detalle para los edificios de hormigón armado, basándose en los modos de falla observados en el terremoto de Caracas de 1967.

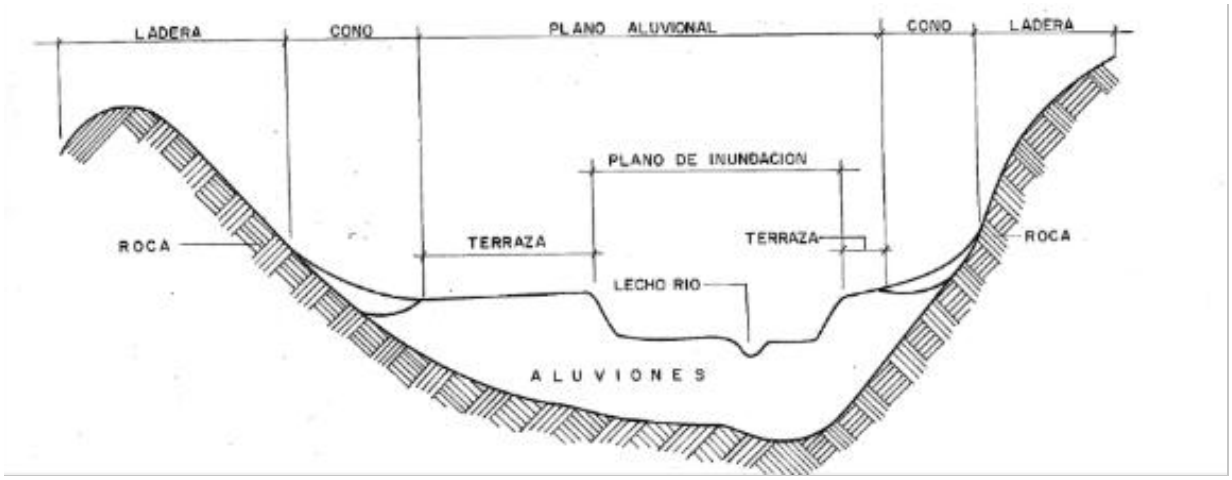


Figura 11-34. Clasificación del sitio (MOP 1965)

Tabla 11-2. Coeficiente de diseño sísmico para la zona 3, MOP 1965 (C = cortante basal de diseño / peso del edificio, basado en el diseño de esfuerzos admisibles)

Tipo de estructura	Valores C			
	Depósitos aluviales		Roca	
	Uso del edificio		Uso del edificio	
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 1	Grupo 2
I	0,075	0,06	0,06	0,045
II	0,09	0,07	0,11	0,085
III	0,15	0,12	0,15	0,10

Nota: Multiplique por 1.5 para una comparación directa con los códigos de diseño sísmico modernos basados en el diseño de resistencia última.

11.4.3 Norma Venezolana de Edificaciones Antisísmicas (COVENIN 1756-82)

En 1982 se aprobó un nuevo código de diseño. Dividió el país en cuatro zonas diferentes; para la zona 4, donde se ubican Caracas y La Guaira, especificó una aceleración máxima del suelo (PGA) de 0.3g; las zonas 3, 2 y 1 especificaron PGA de 0.22g, 0.15g y 0.08g, respectivamente. El Código 1756-82 presenta un enfoque de espectro de diseño (Figura 11-35). Se propusieron tres perfiles de sitio. Los sitios competentes, designados como S1, incluían rocas o suelos competentes en los que se encuentra roca a una profundidad de hasta 50 m. Un perfil denominado S2, para arenas y gravas de densidad media a alta, y un perfil S3, para suelos granulares sueltos o arcillas. Se requería una evaluación de licuación cuando se encontraban arenas sueltas o arenas limosas dentro de los primeros 20 m. El capítulo 11 trataba sobre el diseño sísmico de sistemas de cimentación e incluía recomendaciones para cimentaciones superficiales y profundas, vigas de cimentación y muros de contención.

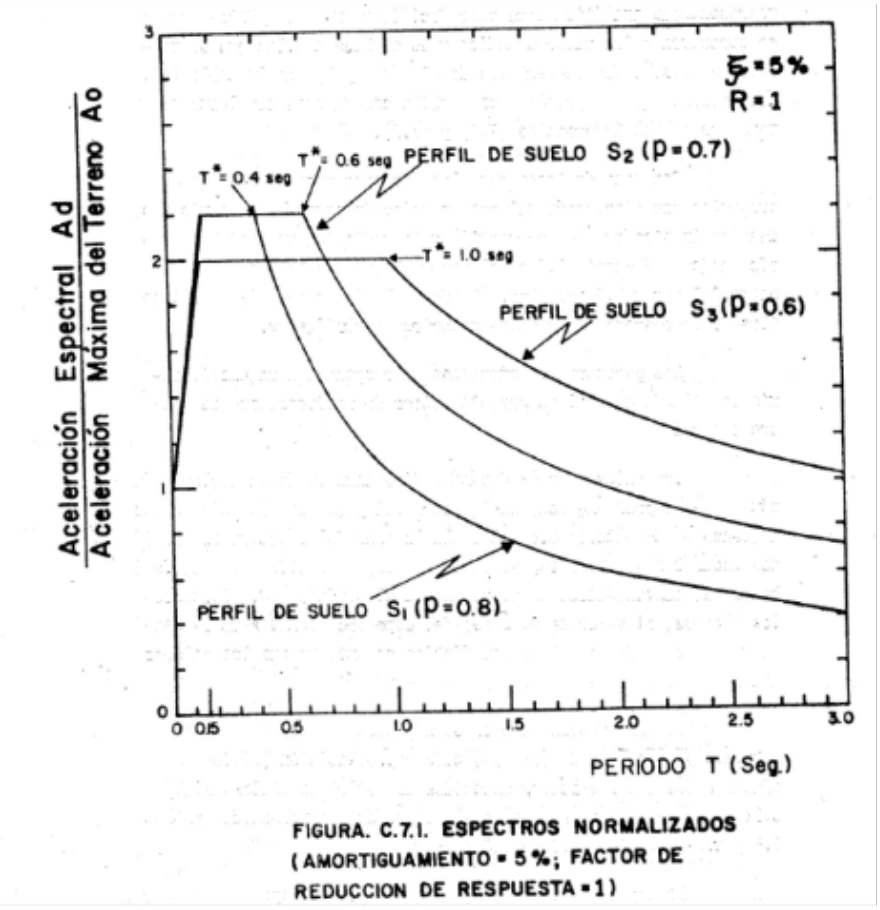


Figura 11-35. Espectro de diseño (CONVENIN 1756-82)

Las estructuras esenciales se clasificaron como Grupo A, y todas las demás estructuras como Grupo B. Se especificaron límites para controlar la deriva lateral de las estructuras de los edificios. Para edificios con componentes no estructurales susceptibles de sufrir daños, la relación límite de deriva lateral fue de 0.015 (Grupo A), y para edificios no susceptibles, la relación fue de 0.024 (Grupo B). Para un edificio residencial o comercial típico susceptible a daños no estructurales, la relación de deriva límite fue de 0.018. Los análisis estructurales se basan en las propiedades de la sección transversal bruta.

11.4.4 Edificaciones Sismorresistentes (COVENIN 1756-01)

Tras el terremoto de Cariaco (1997), se publicó un nuevo Código, el Código COVENIN 1756-01. El país estaba dividido en 8 zonas sísmicas. A la Zona Sísmica 7 se le asignó una aceleración máxima del terreno (PGA) de 0.4g, cerca de Cariaco. A La Guaira y Caracas, en la Zona 5, se les asignó una PGA de 0.3g, como se muestra en la Figura 11-36.

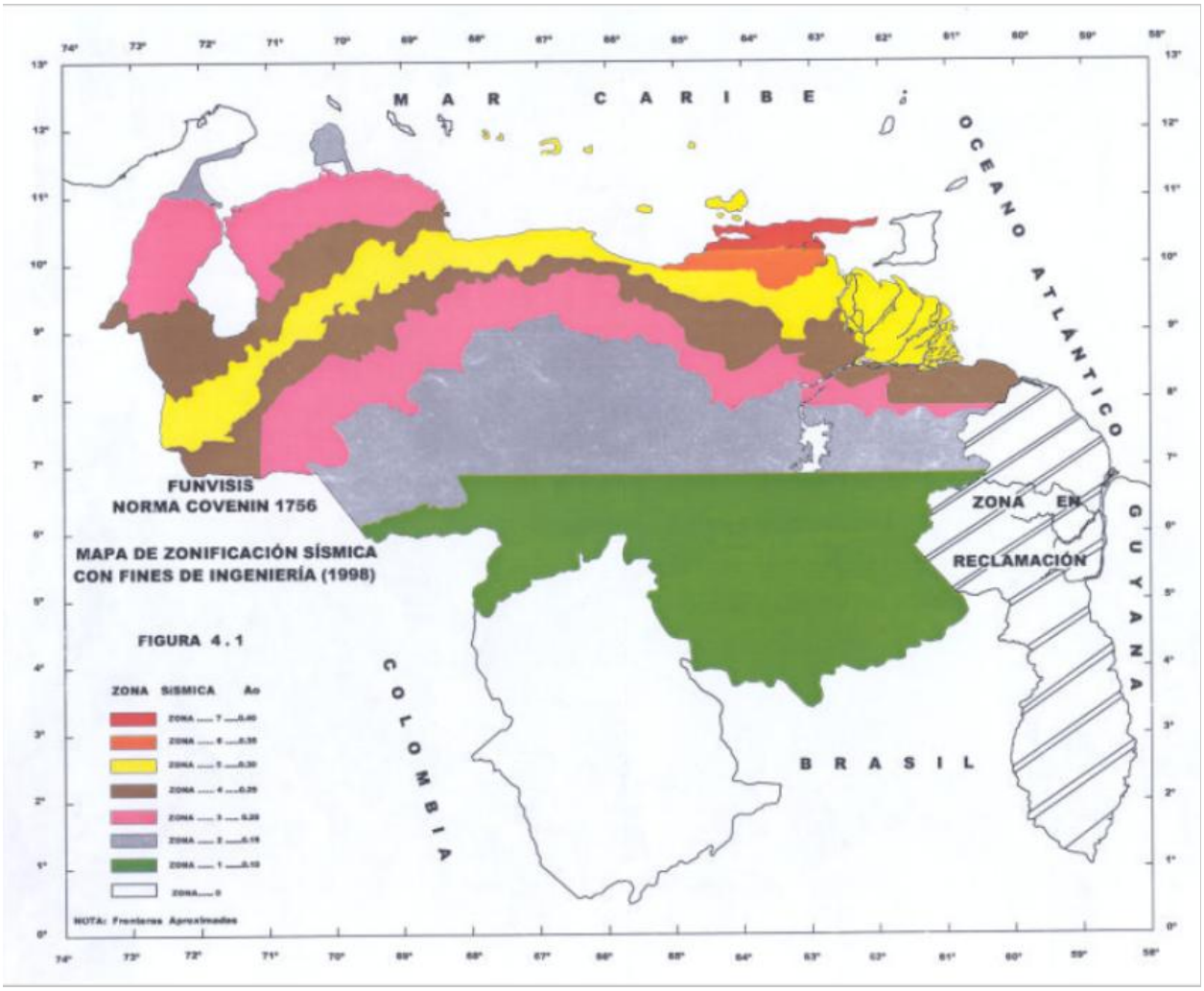


Figura 11-36. Zonas sísmicas de acuerdo con la norma 1756-01 (COVENIN 1756-01)

El Código especificaba tres grupos de edificios. El Grupo A incluye instalaciones esenciales; el Grupo B incluye instalaciones con capacidad para más de 3000 personas o con una superficie superior a 20000 m2; y el Grupo C incluye edificios residenciales y comerciales. El espectro de diseño se muestra en la Figura 11-37. El sitio está dividido en cuatro categorías que también consideraron la profundidad del depósito de suelo (H), como se muestra en la Figura 11-38.

La relación de deriva lateral de los edificios se limitó a 0.012 para el Grupo A (instalaciones esenciales susceptibles de sufrir daños en componentes no estructurales). Para los edificios comerciales o residenciales típicos susceptibles a sufrir daños en sus componentes no estructurales, la relación de deriva lateral se limitó a 0.018, como en el Código 1756-82. Los análisis estructurales se basaron en las propiedades de la sección transversal bruta.

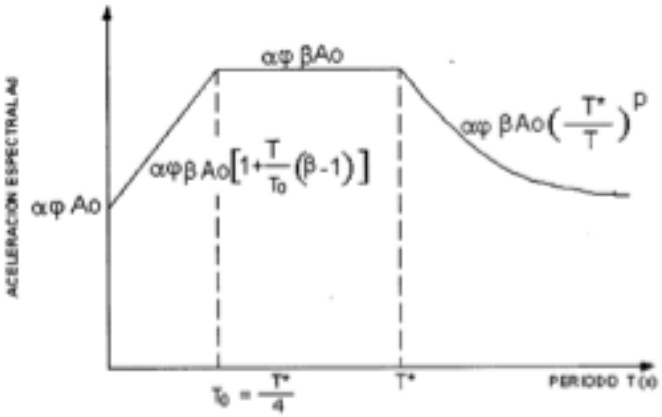


FIGURA 7.1 ESPECTRO DE RESPUESTA ELASTICO (R=1)

TABLA 7.1
VALORES DE T*, β y p

FORMA ESPECTRAL	T* (seg)	β	p
S1	0.4	2.4	1.0
S2	0.7	2.6	1.0
S3	1.0	2.8	1.0
S4	1.3	3.0	0.8

TABLA 7.2
VALORES DE T+ (1)

CASO	T+ (seg)
R < 5	0.1 (R-1)
R ≥ 5	0.4

(1) $T_0 \leq T^+$

Figura 11-37. Espectro de diseño (1756-01)

Material	Vsp (m/s)	H (m)	Zonas Sísmicas 1 a 4		Zonas Sísmicas 5 a 7	
			Forma Espectral	φ	Forma Espectral	φ
Roca sana/fracturada	>500	-	**S1**	0.85	**S1**	1.00
Roca blanda o meteorizada y suelos muy duros o muy densos	>400	<30	**S1**	0.85	**S1**	1.00
		30-50	**S2**	0.80	**S2**	0.90
		>50	**S3**	0.70	**S2**	0.90
Suelos duros o densos	250-400	<15	**S1**	0.80	**S1**	1.00
		15-50	**S2**	0.80	**S2**	0.90
		>50	**S3**	0.75	**S2**	0.90
Suelos firmes/medio densos	170-250	≤50	**S3**	0.70	**S2**	0.95
		>50	**S3**[(a)]	0.70	**S3**	0.75
Suelos blandos/sueltos	<170	≤15	**S3**	0.70	**S2**	0.90
		>15	**S3**[(a)]	0.70	**S3**	0.80
Suelos blandos o sueltos[(b)] intercalados con suelos más rígidos	-	H_1	**S2**[(c)]	0.65	**S2**	0.70

a) Si Ao ≤ 0.15 úsese S4
b) El espesor de los estratos blandos o sueltos (Vsp<170 m/s) debe ser mayor que 0.1 H
c) Si $H_1 \geq 0.25\,H$ y Ao ≤ 0.20 úsese **S3**.

Figura 11-38. Clasificación del sitio (S1, S2 y S3), Código 1756-01

11.4.5 Norma Venezolana de Construcciones Sismorresistentes (COVENIN 1756-19)

El Código COVENIN 1756-19 es una adaptación del ASCE-07 (2016) y es el código vigente en Venezuela. Se especifican mapas de peligros con la PGA y la aceleración espectral de 1 segundo para obtener el espectro de diseño. Para La Guaira, se especifica una PGA de 0.3g y una pseudoaceleración espectral de 0.27g con un período de 1 s sobre roca.

La clasificación del suelo es bastante similar a la especificada en ASCE-07 (2016), excepto por los sitios adicionales AB, BC, CD y DE, que corresponden a la transición entre sitios que se clasifican como A (Vs >1500 m/s), B (1300 m/s > Vs > 800 m/s), C (600 m/s > Vs > 450 m/s), D (200 m/s > Vs > 300 m/s) y E (120 m/s > Vs > 170 m/s). El espectro de diseño sigue el mismo formato que el especificado en ASCE-07 (2016), incluyendo factores para tener en cuenta cada tipo de sitio, la profundidad de los depósitos de suelo y la topografía del sitio.

Las estructuras de los edificios se clasifican en A1 (instalaciones críticas de alto impacto), A2 (instalaciones esenciales), B1 (edificios de alta ocupación, con más de 3000 personas, una superficie superior a 20000 m2 o edificios de más de 20 plantas o más de 60 metros de altura), B2 (edificios residenciales o comerciales típicos) y C (construcciones temporales o instalaciones agrícolas sin ocupación humana permanente).

La deriva lateral calculada de los edificios está limitada por el Código. Por ejemplo, para edificios clasificados como A1, con componentes no estructurales frágiles, la relación de deriva calculada no deberá exceder de 0.008, y para un edificio residencial o comercial típico, la relación de deriva no deberá exceder de 0.012. Las propiedades de la sección se calculan suponiendo que la sección transversal está agrietada.

11.4.6 Consideraciones geotécnicas y limitaciones del código

El tratamiento de los efectos geotécnicos sísmicos ha evolucionado considerablemente en los códigos de construcción venezolanos. Las primeras disposiciones del MOP de 1939, 1947 y 1955 se basaban principalmente en coeficientes de fuerza lateral simplificados y no consideraban explícitamente la respuesta local del sitio, la interacción suelo-estructura, la licuación, la inestabilidad de taludes, la amplificación topográfica o la deformación permanente del terreno. Las disposiciones provisionales de 1967 introdujeron una distinción básica entre depósitos rocosos y aluviales, mientras que las normas COVENIN 1756-82 y COVENIN 1756:2001 incorporaron progresivamente clases de sitio, espectros de respuesta dependientes del suelo, requisitos de cimentación y evaluación del potencial de licuación. En particular, el comentario de 2001 reconoció la susceptibilidad de los suelos granulares sueltos y saturados, especialmente en depósitos jóvenes como los ambientes deltaicos y los rellenos hidráulicos. Sin embargo, estas disposiciones siguieron centrándose principalmente en la clasificación unidimensional del sitio y el diseño convencional de cimentaciones, sin un marco integral para evaluar los efectos combinados de la geomorfología, la deformación permanente del terreno y la respuesta estructural.

La norma COVENIN 1756-1:2019 representa una mejora sustancial, ya que incorpora explícitamente factores relacionados con las condiciones topográficas, la profundidad del lecho rocoso, la evaluación de la inestabilidad de taludes, el potencial de licuación, la proximidad a fallas, la microzonificación y el análisis opcional de la interacción suelo-estructura. La norma asigna factores de amplificación para condiciones topográficas moderadas y severas, y exige evaluaciones de amenaza por inestabilidad de taludes para los sitios ubicados en, sobre o cerca de laderas suficientemente empinadas. También incluye requisitos para cimientos, estructuras de contención, suelos potencialmente licuables, la degradación de la resistencia del suelo tras un terremoto y evaluaciones de estabilidad para clases de sitio especiales. La interacción suelo-estructura puede incorporarse al modelo estructural, aunque su uso se presenta como opcional y no como una evaluación generalmente obligatoria.

A pesar de estos avances, ni las normas anteriores ni la revisión de 2019 proporcionan un procedimiento totalmente integrado para edificios ubicados en abanicos aluviales u otros entornos geomorfológicamente complejos. Los depósitos de abanicos aluviales pueden presentar una marcada heterogeneidad lateral y vertical, contrastes abruptos de rigidez, canales enterrados, lentes granulares sueltas, aguas subterráneas poco profundas y susceptibilidad a asentamientos diferenciales, la licuación, la propagación lateral o la cizalladura del terreno inducida sísmicamente. Las normas tampoco formulan explícitamente escenarios de diseño para depósitos de flujos de detritos, transiciones entre el ápice y el margen del abanico aluvial, propagación lateral hacia frentes de costeros o canales, deformación del terreno relacionada con fallas o la interacción entre el movimiento de laderas y los cimientos de los edificios. Por lo tanto, el cumplimiento de una clasificación de sitio y un espectro de respuesta convencionales puede no representar adecuadamente la demanda sísmica, donde la deformación del terreno, en lugar de la respuesta estructural inercial por sí sola, influye en el desempeño.

La misma precaución se aplica a la interacción suelo-estructura. La flexibilidad de los cimientos generalmente alarga el período efectivo e introduce traslación, balanceo, amortiguamiento por radiación y cambios en el movimiento de entrada de los cimientos. Sin embargo, estos efectos no deben considerarse automáticamente beneficiosos. Mylonakis y Gazetas (2000) demostraron que la interacción suelo-estructura puede reducir o aumentar la demanda sísmica dependiendo de la relación entre la rigidez del suelo, las características de la cimentación, el período estructural, la ductilidad y la forma del espectro de respuesta. En consecuencia, para estructuras cimentadas en terrenos blandos, sueltos, saturados, sensibles, colapsables, muy variables o inclinados, la evaluación sísmica debe ir más allá del espectro mínimo del código e incluir un análisis de la respuesta del terreno específico del sitio, la flexibilidad de los cimientos, la posible deformación permanente del terreno y la posible degradación de la resistencia y rigidez del suelo durante la carga cíclica.

11.5 Agradecimientos

El equipo de campo del GEER fase II agradece a la Universidad Católica de la Santísima Concepción y a la Universidad San Sebastián por su apoyo institucional y por facilitar la misión de reconocimiento de campo y las inspecciones post-terremoto. Los autores también expresan su sincero agradecimiento al Dr. Duilio Marcial y al Dr. Ronald Torres del Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME) de la Universidad Central de Venezuela (UCV) por su valiosa asistencia técnica y apoyo durante la campaña de campo. También agradecemos especialmente al MSc. Ahmad Idrees de la Universidad de Carabobo y al Ing. Juan Hung por su esencial coordinación logística, asistencia local y apoyo continuo durante todas las actividades de reconocimiento en el terreno.

11.6 Referencias

Aldaikh, H., Alexander, N.A., Ibraim, E. y Oddbjornsson, O. (2015). Two dimensional numerical and experimental models for the study of structure-soil-structure interaction involving three buildings [Modelos numéricos y experimentales bidimensionales para el estudio de la interacción estructura-suelo-estructura que involucra tres edificios]. Computers and Structures, 150, 79-91.

American Society of Civil Engineers (ASCE). (2016). Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures (ASCE/SEI 7-16) [Cargas mínimas de diseño y criterios asociados para edificios y otras estructuras (ASCE/SEI 7-16)]. Reston, VA

Bard, P.-Y., Chazelas, J.-L., Gueguen, P., Kham, M. y Semblat, J.-F. (2008). Site-city interaction [Interacción entre el sitio y la ciudad]. En: Assessing and Managing Earthquake Risk, Springer, Dordrecht, 91-114.

COVENIN (1982). Norma Venezolana; Edificaciones Antisísmicas. Comisión Venezolana de Normas Industriales COVENIN 1756-87. Caracas, Venezuela.

COVENIN (2001). Edificaciones Sismorresistentes. Norma COVENIN 1756:01. Caracas, Venezuela.

COVENIN (2019). Edificaciones Sismorresistentes. Norma COVENIN 1756:19. Caracas, Venezuela.

Gueguen, P., y Bard, P.-Y. (2005). Soil-structure and soil-structure-soil interaction: experimental evidence at the Volvi test site [Interacción suelo-estructura y suelo-estructura-suelo: evidencia experimental en el sitio de prueba de Volvi]. Journal of Earthquake Engineering, 9(5), 657-693.

Gueguen, P., Bard, P.-Y. y Chávez-García, FJ (2002). Site-city seismic interaction in Mexico City-like environments: an analytical study [Interacción sísmica entre el sitio y la ciudad en entornos similares a la Ciudad de México: un estudio analítico]. Bulletin of the Seismological Society of America, 92(2), 794-811.

Kham, M., Semblat, J.-F., Bard, P.-Y. y Dangla, P. (2006). Seismic site-city interaction: main governing phenomena through simplified numerical models [Interacción sísmica entre emplazamiento y ciudad: principales fenómenos que la rigen mediante modelos numéricos simplificados]. Bulletin of the Seismological Society of America, 96(5), 1934-1951.

Lou, M., Wang, H., Chen, X. y Zhai, Y. (2011). Structure-soil-structure interaction: literature review [Interacción estructura-suelo-estructura: revisión de la literatura]. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 31(12), 1724-1731.

Luco, JE y Contesse, L. (1973). Dynamic structure-soil-structure interaction [Interacción dinámica estructura-suelo-estructura]. Boletín de la Sociedad Sismológica de América, 63(4), 1289-1303.

MOP (1939). Norma para el Cálculo de Edificios. Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Edificios e Instalaciones Industriales. Caracas, Venezuela.

MOP (1947). Norma Provisional para Construcciones Antisísmicas. Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Edificios. Caracas, Venezuela.

MOP (1955). Norma para el Cálculo de Edificios. Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Edificios e Instalaciones Industriales. Caracas, Venezuela.

MOP (1967). Norma Provisional para Construcciones Antisísmicas. Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Edificios. Caracas, Venezuela.

Mylonakis, G. y Gazetas, G. (2000). Seismic soil-structure interaction: beneficial or detrimental? [Interacción sísmica suelo-estructura: ¿beneficiosa o perjudicial?]. Journal of Earthquake Engineering, 4(3), 277-301.

NIST (2012). Soil-Structure Interaction for Building Structures [Interacción suelo-estructura en edificaciones]. NIST GCR 12-917-21, Instituto Nacional de Estándares y Tecnología, Gaithersburg, Maryland.

Seed, H. B., Idriss, IM y Dezfulian, H. (1970). Relationships between soil conditions and building damage in the Caracas earthquake of July 29, 1967 (Report No. EERC 70-2) [Relaciones entre las condiciones del suelo y los daños en los edificios durante el terremoto de Caracas del 29 de julio de 1967 (Informe n.º EERC 70-2)]. Earthquake Engineering Research Center, College of Engineering, University of California, Berkeley.

Stewart, J.P., Fenves, G.L. y Seed, R.B. (1999). Seismic soil-structure interaction in buildings [Interacción sísmica suelo-estructura en edificios]. I: analytical methods. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 125(1), 26-37.

Veletsos, A.S., y Meek, J.W. (1974). Dynamic behaviour of building-foundation systems [Comportamiento dinámico de los sistemas de cimentación de edificios]. Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 3(2), 121-138.

Wong, H.L., y Trifunac, M.D. (1975). Two-dimensional, antiplane, building-soil-building interaction for two or more buildings and for incident plane SH waves [Interacción bidimensional, antiplanar, edificio-suelo-edificio para dos o más edificios y para ondas SH planas incidentes]. Boletín de la Sociedad Sismológica de América, 65(6), 1863-1885.

12. IMPACTOS EN LAS PRESAS

Tabla 12-1. Autores principales de esta sección

Nombre	Afiliación
Juan F. Perri	Ingeniero principal en Exponent, EE. UU.
Jenny Ramírez	Ingeniera geotécnica sénior, Geosyntec Consultants, Inc.

Tras los terremotos del 24 de junio de 2026 en Venezuela, el equipo de GEER coordinó con Pascual Perazzo, presidente del Comité Venezolano de Grandes Presas, quien informó que las autoridades locales no habían observado indicios de daños en las presas de los embalses provocados por los terremotos. Inicialmente, Pascual Perazzo compartió cuatro fuentes de información con el equipo de GEER: (i) un inventario nacional de 93 presas de suministro de agua de MGR Consultants de 2004, que incluye clasificación de peligro, altura, capacidad del embalse y año de construcción; (ii) su documento de conferencia de 2022, Rehabilitación y mantenimiento de presas y diques en Venezuela; (iii) una lista de 10 grandes presas dentro de 100 km del epicentro del Catia La Mar de magnitud 7.5, basada en la base de datos de la Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD); y (iv) una lista de 76 presas dentro de 700 km del epicentro del Catia La Mar de magnitud 7.5, que incluye año de construcción, río, estado, tipo de presa, cimentación, altura, longitud, capacidad del embalse, propósito, tipo de aliviadero, propietario, diseñador y contratista. La Table 12-2 incluye la lista de estas presas.

Como parte del inventario de presas de 2004, MGR Consultants realizó inspecciones piloto de diez presas de suministro de agua para desarrollar/revisar metodologías de inspección de sitios para presas en Venezuela. Dicho informe estableció categorías de nivel de riesgo basadas en las consecuencias o aguas abajo de las presas. Se asignó la clasificación R1 a las presas ubicadas en zonas sísmicas y con poblaciones aguas abajo, R2 a las presas fuera de las zonas sísmicas con poblaciones aguas abajo, R3 a las presas dentro de las zonas sísmicas y con ganado aguas abajo, y R4 a las presas dentro de las zonas sísmicas sin población ni ganado aguas abajo. Cuatro de las presas inspeccionadas y su distancia al epicentro del terremoto de Catia La Mar de magnitud 7.5 fueron El Tablazo (203 km), Pao La Balsa (64 km), Turimiquire (290 km) y Tule (244 km), y fueron clasificadas como presas de alto riesgo. El equipo remoto de GEER georreferenció estas presas y resumió la información disponible en las figuras Figura 12-2 a Figura 12-5. Dos presas donde la necesidad de reparación fue identificada incluyeron El Cigarrón y El Ermitaño, ubicadas a 217 km y 137 km del epicentro del terremoto de Catia La Mar de magnitud 7.5, respectivamente. Las cuatro presas restantes incluyeron Boconó, El Pueblito, La Tigra y Tucupio.

Table 12-2. Lista de presas georreferenciadas.

Nombre	Tipo	Latitud (°)	Longitud (°)	Distancia al epicentro de San Felipe M7.2 (km)	Distancia a Caracas (km)
Agua Fría	Relleno de tierra	10.391267	-67.182859	149	32
Agua Viva	Relleno de tierra	9.559825	-70.615350	243	416
Atarigua	Relleno de tierra	10.117809	-69.865343	146	324
Boconó-Tucupido	Relleno de tierra	8.892995	-70.042091	233	385
Cabuy[3]	Relleno de tierra	10.169000	-68.526700	27	180
Camatagua	Relleno de tierra	9.817082	-66.944564	187	76
Canoabo[3]	Relleno de roca	10.385700	-68.328600	25	155
Caruachi	Relleno de roca	8.162037	-62.804358	675	517
Clavellinos	Relleno de tierra	10.352146	-63.601058	539	360
Cruz Verde	Relleno de tierra	11.828982	-69.909767	215	357
Cumaripa[3]	Relleno de tierra	10.143200	-68.811300	40	210
Dos Cerritos	Relleno de tierra	9.741583	−69.810677	155	327
Durute[3]	Relleno de tierra	10.218791	−68.724958	28	200
El Cigarrón[2]	Relleno de tierra	9.385859	−65.541617	347	194
El Diluvio	Relleno de tierra	10.621171	−72.417681	420	599
El Ermitaño[2]	Relleno de tierra	10.247287	−70.568524	220	399
El Guamo	Relleno de tierra	10.097681	−63.679161	532	354
El Guapo	Relleno de tierra	10.106224	−65.982123	282	110

Nombre	Tipo	Latitud (°)	Longitud (°)	Distancia al epicentro de San Felipe M7.2 (km)	Distancia a Caracas (km)
El Isiro[2]	Relleno de tierra	11.345735	−69.644423	157	311
El Mamito	Relleno de tierra	10.910940	−70.637245	233	407
El Pao La Balsa	Relleno de roca	9.629996	−68.120007	98	163
El Pilar	Relleno de tierra	10.567202	−63.219188	581	401
El Pueblito	Relleno de tierra	9.196850	−65.580257	351	205
El Tablazo[1]	Relleno de tierra	10.765832	−71.516475	324	501
Guacamayal	Relleno de tierra	9.951370	−65.700175	315	145
Guanapito	Relleno de tierra	9.914923	−66.404793	240	85
Guaremal[3]	Relleno de tierra	10.121813	−69.111302	68	243
Guárico	Relleno de tierra	8.977312	−67.414726	201	177
Guatemala	Relleno de tierra	10.979483	−63.874984	513	334
Guataparo[3]	Relleno de tierra	10.171238	−68.063280	60	131
Guri	Relleno de roca	7.766443	-62.999350	673	523
Inmer Belis Hernández[3]	Desconocido	10.145500	−67.496600	119	75
Jatira Tacarigua[3]	Desconocido	11.052000	−68.400400	73	173
La Asunción	Relleno de tierra	11.027513	−63.868721	514	336
La Becerra	Relleno de tierra	9.031487	−65.311870	385	238
La Estancia	Relleno de tierra	9.422631	−64.793241	424	260
La Honda	Relleno de tierra	7.912625	−71.747049	444	600

Nombre	Tipo	Latitud (°)	Longitud (°)	Distancia al epicentro de San Felipe M7.2 (km)	Distancia a Caracas (km)
La Mariposa	Relleno de tierra	10.408795	−66.927163	177	10
La Pérez	Relleno de roca	10.446399	−66.738021	198	20
La Tigra	Relleno de tierra	10.102635	−65.456369	339	164
La Vueltosa	Relleno de tierra	7.750468	−71.467311	433	583
Lagartijo	Relleno de tierra	10.187544	−66.720337	201	40
Las Majaguas	Relleno de tierra	9.655631	−68.990512	96	245
Los Algarrobos	Relleno de tierra	10.164137	−64.304792	463	286
Los Quediches	Relleno de tierra	9.942064	−70.429505	210	388
Macagua I	Concreto	8.304430	−62.667869	683	523
Macagua II	Concreto	8.303711	−62.678007	682	522
Macarao	Relleno de roca	10.425599	−67.045998	164	17
Machango	Relleno de tierra	10.097699	−70.965011	264	443
Mapara	Relleno de tierra	10.790627	−69.603733	121	294
Masparro	Relleno de tierra	8.836807	−70.102291	242	393
Matícora	Relleno de tierra	10.680352	−70.997018	267	444
Ocumarito	Relleno de tierra	10.098632	−66.800492	194	46
Onia	Relleno de tierra	8.585997	−71.693887	397	563
Pao Cachinche[3]	Relleno de tierra	9.873800	−68.129600	75	150
Pao La Balsa[1,3]	Relleno de tierra	9.580100	−68.149800	102	169

Nombre	Tipo	Latitud (°)	Longitud (°)	Distancia al epicentro de San Felipe M7.2 (km)	Distancia a Caracas (km)
Pedregal	Relleno de tierra	10.877970	−70.152698	181	355
Petaquire	Llenado hidráulico	10.468095	−67.152465	153	26
Pueblo Viejo	Relleno de tierra	10.180332	−71.040555	271	451
Quebrada Seca	Relleno de tierra	10.211011	−66.737312	199	37
San Juan	Gravedad	11.021365	−63.937674	506	328
Santo Domingo	Arco	8.884495	−70.633787	282	443
Taguacita	Arco	10.215820	−66.559425	218	50
Taguaza	Relleno de tierra	10.180370	−66.432029	233	63
Tierra Blanca	Relleno de tierra	9.979751	−67.416662	133	80
Tiznados	Relleno de tierra	9.530189	−67.621148	141	132
Tucupido	Desconocido	9.22744	−65.75257	208	332
Tule[1]	Relleno de tierra	10.874991	−72.125000	391	568
Turimiquire[1]	Relleno de roca	10.174982	−64.297343	464	287
Vista Alegre	Relleno de tierra	9.086577	−64.966048	418	263
Yacambú	Relleno de roca	9.681334	−69.513645	132	297
Zamuro	Relleno de roca	9.928305	−64.772915	415	241

[1] Presa de alto riesgo inspeccionada por MGR (2004); [2] Presa identificada como necesitada de reparaciones según el programa piloto realizado por MGR (2004); [3] Grandes presas a menos de 100 km del epicentro del terremoto de Catia La Mar de **M**7.5
km: kilómetro

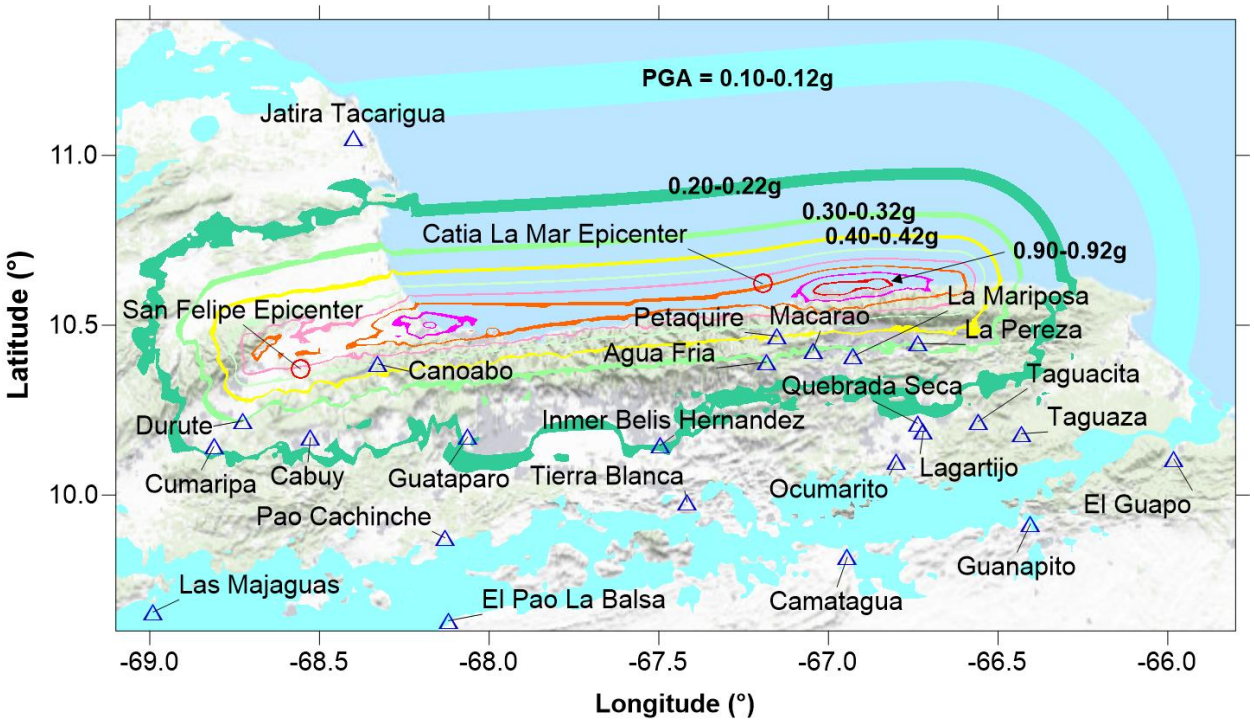


Figura 12-1. Ubicación de las presas dentro de las áreas con mayor PGA (fuente: https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us6000t7zp/shakemap/intensity). Los epicentros están marcados en rojo.



Name: El Tablazo
Federal Entity: Zulia
Coordinates: 10.765, -71.516
Hazard : R1
Year: 1973
Type: Earthfill
Height: 22.0 m
Reservoir: 4.8 m^3 x 10^6
Seismic Zone: 3

Recommendations (MGR Consultores, 2004):

High priority

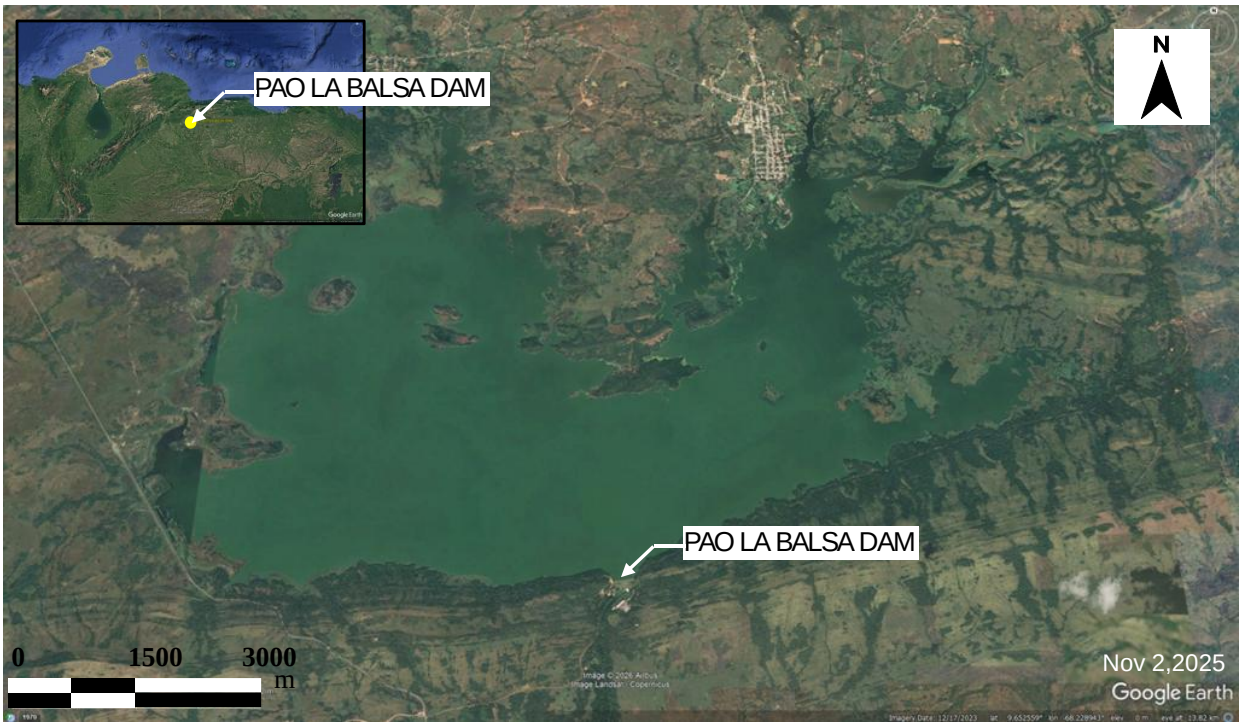
- Upstream embankment repairs
- Downstream embankment repairs

Low priority

- Clean up of embankment and dam crest
- Clean up at the toe of the dam
- Seepage investigation
- Repairs of the pavement on the crest
- Detail inspection of the embankment
- Reestablish instrumentation network
- Evaluation of the dam and its appurtenant structures
- Bathymetric of the reservoir
- Prepare an Operation and Maintenance manual
- Contingency plan
- Seismic evaluation

R1: Inside seismic zone with downstream population; R2: Outside seismic zone with downstream population
R3: Inside seismic zone with downstream crops/livestock; R4: Inside seismic zone with no downstream population

Figura 12-2. La presa de El Tablazo: Datos y recomendaciones de MGR Consultants (2004) preparados para Fonacit.



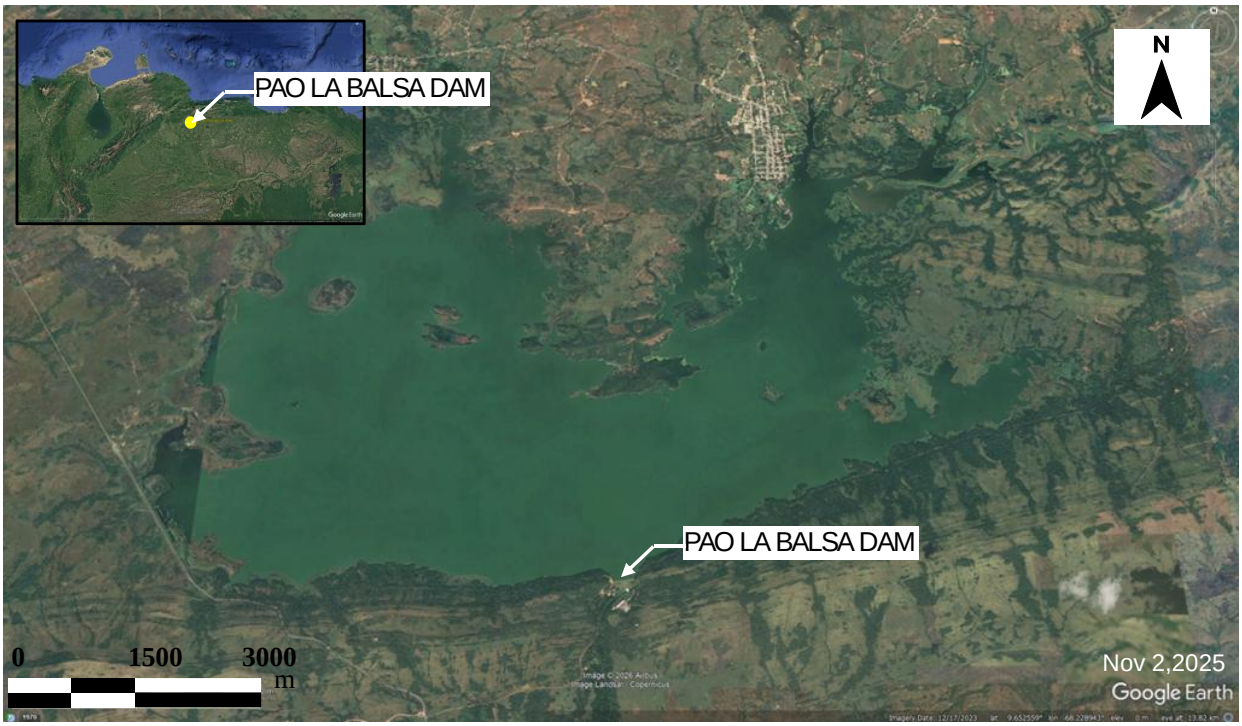
Name: Pao La Balsa
Federal Entity: Cojedes
Coordinates: 9.63°, -68.12°
Hazard : R1
Year: 1978
Type: Earthfill
Height: 37.0 m
Reservoir: 403.00 m^3 x 10^6
Seismic Zone: 3

Recommendations (MGR Consultores, 2004):
High priority
- Additional geotechnical investigation
- Spillway capacity increase

Low priority
- Clean up of embankment and dam crest
- Clean up at the toe of the dam
- Detail inspection of the embankment
- Electromechanical system renewal
- Prepare an Operation and Maintenance manual

R1: Inside seismic zone with downstream population; R2: Outside seismic zone with downstream population
R3: Inside seismic zone with downstream crops/livestock; R4: Inside seismic zone with no downstream population

Figura 12-3. Presa de Pao La Balsa: Datos y recomendaciones de MGR Consultants (2004) preparados para Fonacit.



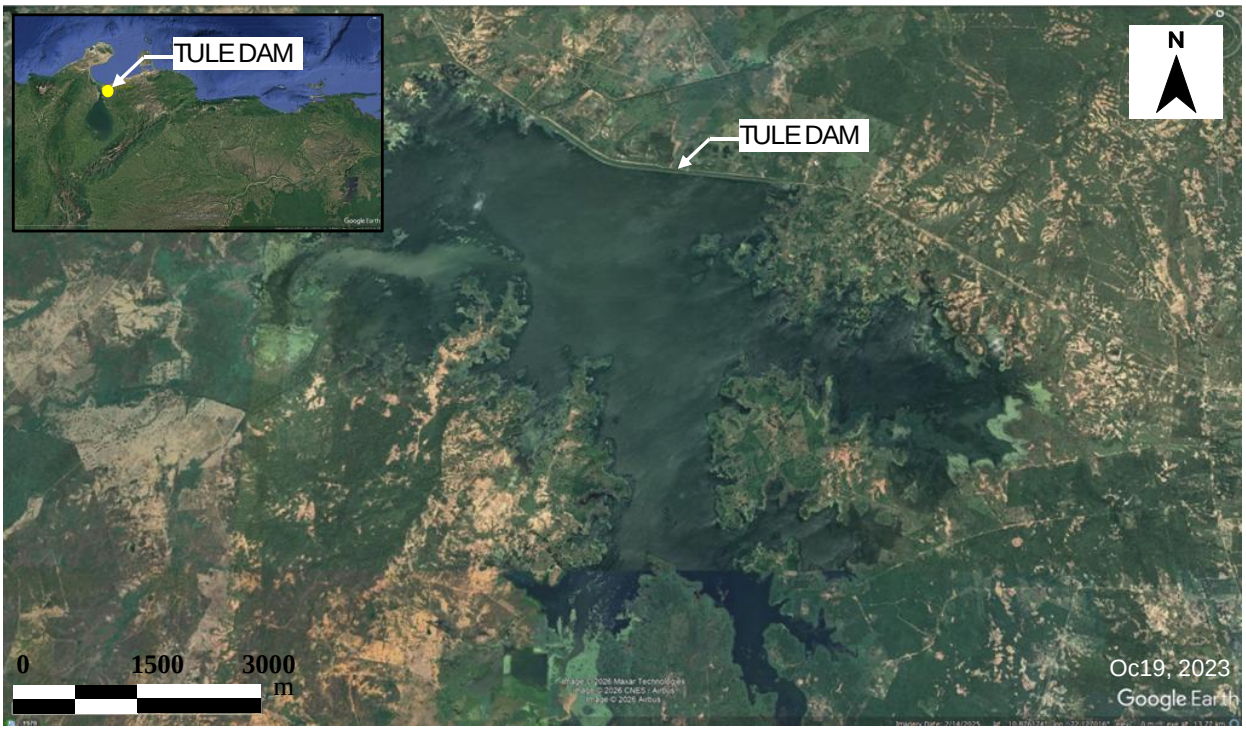
Name: Pao La Balsa
Federal Entity: Cojedes
Coordinates: 9.63°, -68.12°
Hazard : R1
Year: 1978
Type: Earthfill
Height: 37.0 m
Reservoir: 403.00 m^3 x 10^6
Seismic Zone: 3

Recommendations (MGR Consultores, 2004):
High priority
- Additional geotechnical investigation
- Spillway capacity increase

Low priority
- Clean up of embankment and dam crest
- Clean up at the toe of the dam
- Detail inspection of the embankment
- Electromechanical system renewal
- Prepare an Operation and Maintenance manual

R1: Inside seismic zone with downstream population; R2: Outside seismic zone with downstream population
R3: Inside seismic zone with downstream crops/livestock; R4: Inside seismic zone with no downstream population

Figura 12-4. Presa de Petaquire: Datos y recomendaciones de MGR Consultants (2004) preparados para Fonacit.



Name: Tule
Federal Entity: Zulia
Coordinates: 10.875, -72.125
Hazard : R1
Year: 1971
Type: Earthfill
Height: 18.75 m
Reservoir: 318 m^3 x 10^6
Seismic Zone: 3

Recommendations (MGR Consultores, 2004):

High priority

- Upstream embankment repairs
- Downstream embankment repairs
- Observed settlements
- Additional geotechnical investigation
- Spillway repairs and surroundings cleanup

Low priority

- Clean up of embankment and dam crest
- Clean up at the toe of the dam
- Seepage investigation
- Repairs of the pavement on the crest
- Detail inspection of the embankment
- Reestablish instrumentation network
- Evaluation of the dam and its appurtenant structures
- Bathymetric of the reservoir
- Prepare an Operation and Maintenance manual
- Contingency plan
- Seismic evaluation

R1: Inside seismic zone with downstream population; R2: Outside seismic zone with downstream population
R3: Inside seismic zone with downstream crops/livestock; R4: Inside seismic zone with no downstream population

Figura 12-5. Presa de Tule: Datos y recomendaciones de MGR Consultants (2004) preparados para Fonacit.

12.1 Presas de control de sedimentos

La Guaira alberga una extensa red de estructuras de retención de sedimentos, construidas tras la catastrófica tragedia de Vargas en 1999. El terremoto generó la necesidad de evaluar la integridad estructural y funcional de estas estructuras.

Existen 63 presas de retención de sedimentos distribuidas en 26 cuencas hidrográficas, construidas entre 2000 y 2008. Estas estructuras fueron diseñadas para interceptar la carga de sedimentos, disipar la energía del flujo y proteger a las comunidades urbanas situadas aguas debajo de los aludes torrenciales. Antes de los terremotos de 2026, se sabía que muchas de estas estructuras se encontraban en un estado avanzado de sedimentación, y gran parte de su capacidad original de retención de sedimentos se había agotado. El terremoto generó una preocupación adicional, ya que el temblor del suelo podría haber provocado nuevos movimientos de ladera en la vertiente norte de la Cordillera de la Costa, desestabilizando potencialmente las estructuras o generando nuevas fuentes de sedimentos capaces de movilizarse en futuras tormentas.

12.1.1 Organización y planificación del programa de inspección

El programa de inspección fue concebido y dirigido por el Dr. José Luis López Sánchez. El programa identificó el inventario completo de estructuras que debían evaluarse y estableció un cronograma de visitas de campo con una duración aproximada de seis semanas.

El equipo principal de inspección de campo estaba compuesto por:

- Dr. José Luis López Sánchez (Líder de Programa)
- Ing. Pascual Perazzo (Jefe de Inspección de Campo)
- Ing. Martín Arnal
- Ing. Karen Pereira
- Ing. Carlos Betancourt

La coordinación logística se facilitó mediante la comunicación directa entre Pascual Perazzo y Juan F. Perri, quien actuó como enlace con los colaboradores internacionales del equipo remoto GEER, que estaba llevando a cabo una evaluación paralela que incluía la evaluación de los deslizamientos de tierra provocados por el terremoto. Esta coordinación permitió compartir observaciones de campo, información sobre rutas geográficas y documentación fotográfica relevante para ambos programas.

El alcance de la inspección se centró en 61 estructuras activas de retención de sedimentos en 26 cuencas hidrográficas (dos estructuras en Quebrada Anare habían sido destruidas previamente por las lluvias torrenciales de 2005 y fueron excluidas). Las cuencas hidrográficas se distribuyen a lo largo de la ladera norte de la Cordillera de la Costa, desde Catia La Mar en el oeste hasta el río Anare en el este.

12.1.2 Inspecciones de campo

El cronograma de inspección previsto, establecido por el programa del Dr. López, se muestra en la Tabla 12-3.

Tabla 12-3. Calendario de inspección de las presas de control de sedimentos

Fecha	Cuenca hidrográfica / Corriente de agua	Ubicación	Nro. de presas
21 de julio	San José de Galipán / San Julián	Macuto / Caraballeda	4
23 de julio	San Julián / Naiguatá	Caraballeda / Naiguatá	2
28 de julio	Camurí Chico / Quebrada Seca	Camurí Chico / Caraballeda	5
30 de julio	Cerro Grande / El Tigrillo	Tanaguarena	4
3 de agosto	Camurí Grande / Migueleno / Cuidado	Camurí Grande / Care	8
5 de agosto	El Cojo / Alcantarilla	Macuto	9
7 de agosto	Guanape / Cariaco / Germán	La Guaira	5
10 de agosto	Osorio / Dos Comadres	La Guaira / Maiquetía	6
12 de agosto	Piedra Azul / Curucutí	Maiquetía	5
14 de agosto	Curucutí / Las Pailas	Maiquetía	6
17 de agosto	Tacagua / La Zorra	Catia La Mar	4
19 de agosto	El Tigre / El Pozo / El Piache	Catia La Mar	3

El 21 de julio de 2026, Pascual Perazzo participó en una inspección de campo de las presas de control de sedimentos ubicadas aguas arriba de las áreas afectadas en La Guaira, a lo largo de los arroyos Macuto y San Julián. Perazzo estuvo acompañado por José Luis López, Martín Arnal, Karen Pereira y Carlos Betancourt. El objetivo de la inspección era determinar si los terremotos del 24 de junio de 2026 habían afectado la integridad de las presas de control de sedimentos y formular recomendaciones para posibles medidas a corto plazo. No se observaron deformaciones provocadas por el terremoto en las presas de control de sedimentos, pero a continuación se describen algunas observaciones sobre su estado.

Las presas de control de sedimentos a lo largo del arroyo Macuto tenían aproximadamente 7 metros de altura, estaban construidas con gaviones y en su mayoría estaban llenas de sedimentos (Figura 12-6). La visita al sitio a lo largo de este arroyo también incluyó una visita al dique de Macuto, donde se observó cierto deterioro en la cara de hormigón (Figura 12-7). En estos lugares,

Perazzo (2026) recomendó un programa de limpieza y una evaluación de su funcionalidad. Cerca del área de Macuto, también se inspeccionó una presa de control de sedimentos con estructura de hormigón y, según se informó, se encontró en buen estado general, después de la remoción de escombros en 2024 (Figura 12-8).



Figura 12-6. Presas de contención de escombros a lo largo del arroyo Macuto, cortesía de Perazzo (2026).



Figura 12-7. Dique de Macuto, cortesía de Perazzo (2026).



Figura 12-8. Presa de control de sedimentos cerca de Macuto, cortesía de Perazzo (2026).

Las presas de control de sedimentos, de aproximadamente 11 metros de altura, situadas a lo largo del arroyo San Julián, fueron construidas de hormigón. La inspección reveló que estas presas de control de sedimentos estaban parcialmente cubiertas de escombros o vegetación, y se recomendó su limpieza en un futuro próximo.



Figura 12-9. Presa de control de sedimentos 1 a lo largo del arroyo San Julián, cortesía de Perazzo (2026).

La inspección de la presa de retención de sedimentos del río Naiguatá (Figura 12-10), realizada el 23 de julio de 2026, encontró que la estructura, compuesta por una secuencia de 8 monolitos de concreto de 16 m de largo, 6 m de alto y 4 m de ancho de base, espaciados 1.5 m entre sí, no mostraba daños atribuibles a los terremotos del 24 de junio. Sin embargo, se informó que su capacidad operativa se veía comprometida por la sedimentación avanzada. Se ha formado un extenso cono de sedimentos aguas arriba, que concentra el flujo a través de solo 2 de las 8 aberturas de descarga disponibles, ambas ubicadas en la margen izquierda. Esta condición de flujo asimétrico favorece la erosión localizada y aumenta el riesgo de desbordamiento. Aguas arriba de la presa, el lecho del río se está utilizando para la extracción y el almacenamiento de agregados de construcción, alterando aún más las condiciones hidráulicas naturales de la zona (Figura 12-11).

Siguiendo el curso del río, la inspección documentó dos áreas adicionales que suscitan preocupación. En el vertedero de toma de Naiguatá (Dique Toma), las Figura 12-12 y Figura 12-13

revelan la presencia de una toma sumergida y una rejilla superficial en el aliviadero central, al tiempo que exponen una erosión significativa en la base del delantal aguas abajo y evidencia de materiales sueltos en la cimentación, una condición que justifica una investigación geotécnica e hidráulica detallada. En el tramo canalizado inferior del río, que se extiende desde el límite norte del Club Puerto Azul hasta el Mar Caribe, el acceso estaba limitado por la acumulación de sedimentos y el crecimiento de vegetación; sin embargo, la inspección de la sección de salida cerca de la desembocadura del río reveló posibles evidencias del evento sísmico. Las Figura 12-14 y Figura 12-15 documentan el agrietamiento, la separación y la fractura de las juntas de los paneles de revestimiento de hormigón, daños que son consistentes con los recientes temblores del terreno.



Figura 12-10. Presa de control de sedimentos en el río Naiguatá, cortesía de Perazzo (2026).



Figura 12-11. Operaciones de agregados de construcción aguas arriba de la presa de control de sedimentos en el río Naiguatá, cortesía de Perazzo (2026).



Figura 12-12. Toma de agua sumergida en Dique Toma, cortesía de Perazzo (2026).



Figura 12-13. Erosión y socavación del aliviadero en Dique Toma, cortesía de Perazzo (2026).



Figura 12-14. Daños en el revestimiento de hormigón cerca de la salida del río Naiguatá, cortesía de Perazzo (2026).



Figura 12-15. Daños en el revestimiento de hormigón cerca de la salida del río Naiguatá, cortesía de Perazzo (2026).

12.1.3 Resumen de las observaciones generales de la inspección y próximos pasos.

Se identificaron varias condiciones de manera consistente en todas las cuencas hidrográficas inspeccionadas que, si bien en gran medida eran preexistentes, son relevantes para la evaluación del riesgo post-sísmico (resumido de los informes de Pascual Perazzo al Ministerio de Obras Públicas, División de Obras Hidráulicas):

- Sedimentación avanzada: Este es el principal problema operativo en todo el sistema de presas de retención de sedimentos. La mayoría de las estructuras inspeccionadas hasta la fecha han alcanzado o están cerca de alcanzar su capacidad máxima de sedimentación, lo que reduce significativamente su función protectora para las comunidades situadas aguas abajo.
- Invasión antropogénica: en múltiples áreas, la intervención humana ha impactado las zonas del lecho del río, incluyendo la extracción y el almacenamiento no autorizados de material para la construcción aguas arriba del dique de Naiguatá, y la ocupación residencial dentro de los corredores de torrentes activos en Macuto y San Julián. Estas condiciones comprometen la eficacia de las estructuras y exponen a los habitantes al riesgo directo de inundaciones y deslizamientos.
- Erosión de las fundaciones: Las compuertas de captación y las bases de las presas de gaviones mostraron evidencia de erosión y socavación aguas abajo, particularmente en el dique de Toma de Naiguatá.
- Inestabilidad de taludes: En las zonas altas de la cuenca hidrográfica, se observó inestabilidad superficial de las laderas en el momento de la inspección. El material movilizado representa una fuente potencial de futura movilización de sedimentos que

podría acelerar la sedimentación o generar flujos de detritos, especialmente dada la sedimentación preexistente en las estructuras de retención aguas abajo.

El programa de inspección sobre el terreno continuará según el cronograma establecido por el Dr. López hasta el 19 de agosto de 2026, abarcando las 39 estructuras restantes en 17 cuencas hidrográficas. Se prevé que el informe técnico final consolidado esté listo a finales de agosto de 2026.

13. REDES DE SERVICIOS ESENCIALES

Tabla 13-1. Autores principales de esta sección

Nombre	Afiliación
Hailey-Rae Rose	Ingeniera sénior en Exponent, EE. UU.
Ramón Mata Lemus	Profesor asistente; Universidad San Sebastián, Chile
Eduardo Núñez	Profesor asociado, Univ. Católica de la Santísima Concepción, Chile
Francisco Pinto	Profesor asistente, Universidad de Chile
Will Zakka	Investigador de posgrado en University of California, Berkeley, EE. UU.

13.1 Petróleo y gas

Los terremotos del 24 de junio en Venezuela interrumpieron varios componentes de la infraestructura petrolera, gasística y petroquímica del país, aunque los impactos más significativos se concentraron en las instalaciones cercanas a la región epicentral.

Se informó de una gran fuga de petróleo en la refinería El Palito, la refinería más pequeña del país, tras el terremoto (Figura 13-1).[14] Las operaciones de la refinería se vieron interrumpidas debido a un corte de energía eléctrica provocado por daños en las líneas de transmisión que abastecen a la instalación.[15] A partir del 13 de julio de 2026, El Palito reinició su planta de craqueo catalítico fluidizado, mientras que otras unidades operativas se reactivaron gradualmente.[16]

El cercano Complejo Petroquímico de Morón, el segundo complejo petroquímico más grande de Venezuela, sufrió daños, incluyendo el colapso de la infraestructura de almacenamiento y una fuga en un tanque de almacenamiento. Las operaciones en las instalaciones se suspendieron temporalmente mientras se realizaban evaluaciones de daños e inspecciones de seguridad, antes de que se reanudaran las operaciones en el complejo el jueves 25 de junio. [17]

A pesar de estas interrupciones localizadas, las principales regiones productoras de petróleo de Venezuela, como la Faja del Orinoco y el occidente del país, continuaron operando sin daños

[14]MenaLive vía X. (25 de junio de 2026). https://x.com/MenaLive_/status/2070260460645994589

[15] Reuters. (25 de junio de 2026). Damage from quakes limited at Venezuela's oil infrastructure, workers say. [Según los trabajadores, los daños causados por los terremotos en la infraestructura petrolera de Venezuela fueron limitados.] https://www.reuters.com/business/energy/petrochemical-complex-venezuela-restarting-following-quake-firefighters-say-2026-06-25/

[16] Reuters. (July13, 2026). La refinería más pequeña de Venezuela vuelve a poner en marcha su unidad de craqueo catalítico, según informan los trabajadores. https://www.reuters.com/business/energy/venezuelas-smallest-refinery-restarts-catalytic-cracker-workers-say-2026-07-13/

[17] Reuters. (25 de junio de 2026). Según los trabajadores, los daños causados por los terremotos en la infraestructura petrolera de Venezuela fueron limitados. https://www.reuters.com/business/energy/petrochemical-complex-venezuela-restarting-following-quake-firefighters-say-2026-06-25/

significativos ni interrupciones en la producción. Los informes iniciales indicaban que el Complejo Refinador de Paraguaná, el mayor complejo refinador del país, estaba operando a niveles similares a los anteriores a los terremotos. Debido a que estos importantes activos de producción están ubicados bastante lejos de la región más afectada, los impactos estructurales directos fueron limitados.[18]

Algunos medios de comunicación indicaron que, como medida de seguridad preventiva, el sistema de distribución de gas natural que abastece a Caracas fue temporalmente cerrado para reducir el riesgo de fugas e incendios mientras se realizaban inspecciones. Sin embargo, esta información no pudo ser confirmada por nuestros equipos de campo ni por nuestros colaboradores en el lugar. Si bien las refinerías más grandes del país, las terminales de exportación y los principales corredores de oleoductos se ubican lejos de las zonas que sufrieron mayor intensidad sísmica, los continuos cortes de energía eléctrica podrían interrumpir indirectamente las operaciones de producción, refinación y distribución de petróleo al limitar la energía disponible para el bombeo, el procesamiento y la infraestructura de apoyo.[19][20]

[18] Reuters. (25 de junio de 2026). Según los trabajadores, los daños causados por los terremotos en la infraestructura petrolera de Venezuela fueron limitados. https://www.reuters.com/business/energy/petrochemical-complex-venezuela-restarting-following-quake-firefighters-say-2026-06-25/

[19] International Medical Corps. (26 de junio de 2026). Venezuela earthquakes: What you need to know. https://internationalmedicalcorps.org/story/venezuela-earthquakes-what-you-need-to-know/

[20] Rede TVT vía YouTube. (26 de junio de 2026). https://www.youtube.com/shorts/yRkU81fM7_8



https://x.com/MenaLive_/status/2070260460645994589

Figura 13-1. MenaLive publicó en X con el siguiente pie de foto: "Large oil leak at El Palito refinery after yesterday's strong earthquakes in #Venezuela" ["Gran fuga de petróleo en la refinería de El Palito tras los fuertes terremotos de ayer en #Venezuela"]

Hallazgos de reconocimiento del equipo de campo de GEER

Las observaciones realizadas desde la carretera en las instalaciones de Pequiven permitieron identificar daños estructurales en varios edificios industriales. Entre los daños visibles se encontraban el derrumbe de un edificio industrial de hormigón, el derrumbe parcial de un silo de almacenamiento y el derrumbe parcial del tejado de un edificio industrial con estructura de acero. Los daños en el tejado parecían estar relacionados con un problema preexistente, por lo que no está claro si estos daños fueron consecuencia directa de los terremotos. El sistema de soportes de tuberías de la instalación no presentaba signos visibles de daños y parecía seguir funcionando con normalidad, lo que sugiere que el terremoto tuvo un impacto limitado en la infraestructura crítica de procesos del lugar.

13.2 Energía eléctrica

El terremoto provocó interrupciones generalizadas en el sistema eléctrico de Venezuela, especialmente en las regiones central y norte conectadas al Sistema Eléctrico Nacional (SEN).[21] Diez (10) torres de transmisión en la línea de transmisión Planta Centro-Yaracuy resultaron en la pérdida de 600 MW de la SEN.[22]

[21] Rafael Galicia vía YouTube. (14 de julio de 2026).https://www.youtube.com/watch?v=MA4Fytcxs1g
[22] teleSUR vía Instagram. (14 de julio de 2026). https://www.instagram.com/p/DaxqaThEdSG/

La generación de electricidad también se vio afectada brevemente. La central eléctrica Planta Centro, operada por CORPOELEC, sufrió una parada temporal tras el terremoto, pero se reinició con éxito el 25 de junio después de las inspecciones y la restauración de la infraestructura de apoyo.[23]

La presidenta interina de Venezuela, Delcy Rodríguez, declaró que se habían producido cortes de energía en Caracas y La Guaira,[24] y que había informes de pérdida de servicio de telefonía celular en algunas zonas de Caracas.[25] Hubo informes adicionales de cortes de energía en numerosos estados inmediatamente después del terremoto, incluidos Barquisimeto, Coro, Maracay, Mérida, Nueva Esparta, San Cristóbal y Valencia.[26] En varias localidades, estos apagones agravaron los problemas de fiabilidad ya existentes en la red eléctrica venezolana,[27] lo que dificultó distinguir entre los fallos provocados por el terremoto y las interrupciones crónicas del servicio.

Los trabajos de reconstrucción avanzaron durante los días posteriores al terremoto. Para el 27 de junio, se informó que aproximadamente el 60% del servicio eléctrico se había restablecido en La Guaira.[28] [29] Para el 10 de julio, el restablecimiento del servicio eléctrico aumentó al 96 %, con 21 subestaciones eléctricas completamente restauradas.[30] La continuación del restablecimiento del servicio dependía de la reparación de una torre de transmisión dañada, ubicada en la zona montañosa del estado, lo que demuestra la importancia de la infraestructura de transmisión para restablecer el servicio eléctrico regional.

Hallazgos de reconocimiento del equipo de campo de GEER

En la central eléctrica de Plantacentro, se informó de un fallo en un componente eléctrico tras el terremoto. Entre los daños observados se encontraban el desprendimiento de amortiguadores en espiral en una sección de la planta, así como daños en varios cables de transmisión. El equipo de

[23] Reuters. (25 de junio de 2026). Según los trabajadores, los daños causados por los terremotos en la infraestructura petrolera de Venezuela fueron limitados. https://www.reuters.com/business/energy/petrochemical-complex-venezuela-restarting-following-quake-firefighters-say-2026-06-25/

[24] The New York Times. (25 de junio de 2026). Venezuela Earthquakes Hammer Infrastructure, Making Aid Efforts Harder [Los terremotos en Venezuela devastan la infraestructura y dificultan los esfuerzos de ayuda]. https://www.nytimes.com/2026/06/25/world/americas/venezuela-earthquakes-infrastructure.html

[25]Oregon Public Broadcasting. (26 de junio de 2026). Información que se debe conocer sobre los potentes terremotos de Venezuela. https://www.opb.org/article/2026/06/26/things-to-know-about-venezuela-s-powerful-earthquakes/

[26] International Medical Corps. (26 de junio de 2026). Venezuela earthquakes: What you need to know. https://internationalmedicalcorps.org/story/venezuela-earthquakes-what-you-need-to-know/

[27] The New York Times. (25 de junio de 2026). Venezuela Earthquakes Hammer Infrastructure, Making Aid Efforts Harder [Los terremotos en Venezuela devastan la infraestructura y dificultan los esfuerzos de ayuda]. https://www.nytimes.com/2026/06/25/world/americas/venezuela-earthquakes-infrastructure.html

[28] teleSUR. (27 de junio de 2026). Venezuela Restores 60% of Power in Quake-Hit La Guaira [Venezuela restablece el 60 % del suministro eléctrico en La Guaira, ciudad afectada por el terremoto]. https://www.telesurenglish.net/venezuela-restores-60-power-la-guaira/

[29] TTTLiveOnline vía Facebook. (28 de junio de 2026). https://www.facebook.com/tttliveonline/posts/60-of-electricity-services-invenezuelas-la-guaira-state-have-been-restored-and-/1454013516760881/

[30] teleSUR. (10 de julio de 2016). La Guaira Power Recovery Reaches 96% After Quakes [La Guaira recupera el 96% del suministro eléctrico tras los terremotos]. https://www.telesurenglish.net/la-guaira-power-recovery96-after-quakes/

reconocimiento de campo no observó daños en las torres de transmisión ni en sus elementos de anclaje.

13.3 Agua potable y red sanitaria

Impactos iniciales

Tras el terremoto, se registraron interrupciones en el suministro de agua en varias regiones. Los residentes de Caracas reportaron interrupciones en el servicio de agua potable poco después del evento,[31] mientras que los daños a la infraestructura de agua subterránea provocaron la rotura de tuberías principales que causaron inundaciones localizadas en las calles de las zonas occidentales de la ciudad.[32]

Se registraron interrupciones adicionales en el servicio de agua en algunas zonas de Caracas, Miranda, Falcón, Yaracuy, Zulia y La Guaira, lo que sugiere que los efectos se extendieron más allá del área inmediata donde se produjo el temblor más fuerte.[33] Es probable que las interrupciones reportadas se debieran a una combinación de daños en tuberías, cortes de energía que afectaron las instalaciones de bombeo y cierres preventivos mientras las empresas de servicios públicos evaluaban la integridad del sistema. Según informó el presidente interino, la recuperación de los servicios de agua potable alcanzó el 84% el 10 de julio de 2026.[34]

El sistema de distribución de la presa El Guapo (que abastece a los municipios de Pedro Gual, Páez, Andrés Bello, Eulalia Buroz y Brión en la subregión de Barlovento del estado Miranda) sufrió un total de 91 fallas a lo largo de aproximadamente 75 km de tuberías de agua luego de los terremotos del 24 de junio. Al 14 de julio de 2026, 83 de estas 91 fallas (91%) ya habían sido reparadas mediante una respuesta coordinada que involucró a los municipios locales, y los municipios de Páez y Andrés Bello tenían los servicios de agua totalmente restablecidos. El municipio de Brión había recuperado aproximadamente el 80% de su capacidad de suministro a fecha de 14 de julio de 2026. El mismo día, cuadrillas de reparación continuaban con los trabajos de la reparación de la fractura de un ducto entre los sectores La Gran Parada y Los Canales en el municipio de Páez (Figura 13-2), el cual había afectado a siete comunidades (El Jobo, El Parral, Cangrejal, El Crucero, Los Canales, Las Flores y Catia).[35]

---

[31] Caliber. (25 de junio de 2026). Caracas hit by power, water outages after devastating earthquake [Caracas sufre cortes de electricidad y agua tras el devastador terremoto]. https://caliber.az/en/post/caracas-hitby-power-water-outages-after-devastating-earthquake

[32] The New York Times. (25 de junio de 2026). Venezuela Earthquakes Hammer Infrastructure, Making Aid Efforts Harder [Los terremotos en Venezuela devastan la infraestructura y dificultan los esfuerzos de ayuda]. https://www.nytimes.com/2026/06/25/world/americas/venezuela-earthquakes-infrastructure.html

[33] The New York Times. (25 de junio de 2026). Venezuela Earthquakes Hammer Infrastructure, Making Aid Efforts Harder [Los terremotos en Venezuela devastan la infraestructura y dificultan los esfuerzos de ayuda]. https://www.nytimes.com/2026/06/25/world/americas/venezuela-earthquakes-infrastructure.html

[34] teleSUR. (27 de junio de 2026). Venezuela Restores 60% of Power in Quake-Hit La Guaira [Venezuela restablece el 60 % del suministro eléctrico en La Guaira, ciudad afectada por el terremoto]. https://www.telesurenglish.net/venezuela-restores-60-power-la-guaira/

[35] UltimasNoticias. (14 de julio de 2016). Avanzan trabajos de recuperación del sistema hídrico de Barlovento tras daños por sismos. https://ultimasnoticias.com.ve/mas-vida/avanzan-trabajos-de-recuperacion-del-sistema-hidrico-de-barlovento-tras-danos-por-sismos/



Fuente: Oficina de Prensa del Gobierno del Estado Miranda: http://www.miranda.gob.ve/index.php/avanzan-trabajos-de-ecuperacion-del-sistema-hidrico-de-barlovento-tras-danos-por-sismos/

Figura 13-2. Continúan las labores de restauración en el municipio de Páez para restablecer el suministro de agua a toda la comarca de Barlovento.

En el momento de la elaboración del informe inicial, se disponía de información limitada sobre los impactos en las instalaciones de la red sanitaria (tratamiento de aguas residuales), las estaciones de bombeo o las plantas de tratamiento de agua.

Hallazgos de reconocimiento del equipo de campo de GEER

Las observaciones de reconocimiento indicaron impactos generalmente limitados en la infraestructura de agua potable y red sanitaria, con daños concentrados en áreas localizadas. En la planta de tratamiento de aguas residuales de La Mariposa, en Carabobo, se observaron grietas en la mampostería de algunos edificios, pero la instalación se mantuvo en pleno funcionamiento. De manera similar, la planta de tratamiento de aguas residuales de Los Guayos (cerca o en las orillas del lago Valencia) no experimentó interrupciones operativas ni evidencia de fenómenos geotécnicos inducidos por el terremoto, como licuación, asentamiento o colapso. El suelo predominante en esa zona era limo de baja plasticidad (ML). En otro punto, se observó una desalineación en la sección transversal de los canales de drenaje de aguas pluviales a lo largo de la carretera de acceso al aeropuerto de Valencia. En La Guaira, por la Avenida José María España, se evidenció rotura y deformación generalizada de los canales de drenaje longitudinales y transversales en la zona de Caraballeda. Se observaron daños adicionales en la infraestructura del puerto deportivo de Caraballeda, donde las redes esenciales de alcantarillado, agua y electricidad sufrieron daños.

13.4 Transporte

Impactos iniciales

Tras los terremotos, la infraestructura de transporte sufrió importantes daños, con repercusiones en el transporte aéreo, los puertos y los sistemas marítimos, las carreteras y el transporte público.

Se produjeron graves daños en el terreno y en las estructuras del Aeropuerto Internacional Simón Bolívar (Informe de Reconocimiento Virtual de NZSEE, Informe VERT de EERI). Los daños en el terreno a lo largo de la pista impidieron que las aeronaves operaran, con la excepción de los C-17 y los MV-22 Osprey proporcionados por los Estados Unidos (Comando Sur de los Estados Unidos, 2026). La pista de aterrizaje se habilitó para aeronaves militares convencionales y de ayuda humanitaria a los tres días de los terremotos. Las instalaciones de la terminal sufrieron daños estructurales importantes, incluyendo la pérdida de soporte de grandes vigas de hormigón prefabricado y el derrumbe de muros de relleno. Como consecuencia, las instalaciones quedaron fuera de servicio inmediatamente después del terremoto, lo que afectó significativamente la logística de emergencia y el tráfico aéreo comercial. A fecha de 24 de julio de 2026, las operaciones de vuelos comerciales en el aeropuerto permanecen suspendidas.

El ministro de Transportes, Francisco Garcés, afirmó que los daños del aeropuerto son "totalmente reparables" y que se espera que el 85 % esté restaurado en los próximos cuatro meses y que la restauración completa esté prevista para diciembre de 2026. Se prevé que las operaciones comerciales se reanuden gradualmente a partir del 24 de agosto, una vez finalizados los trabajos de repavimentación de la pista (teleSUR; última consulta: 30 de julio de 2026).[36]

El transporte marítimo también sufrió importantes interrupciones. El puerto de La Guaira, situado cerca de la zona de mayor intensidad sísmica, suspendió sus operaciones comerciales debido a daños estructurales en la terminal de contenedores (CMA CGM, 2026). En el puerto se documentaron efectos desencadenantes de la licuación (por ejemplo, el desprendimiento lateral) y se cree que contribuyeron a los daños observados. Buques de suministro de emergencia, incluido el USS Fort Lauderdale, pudieron entrar en el puerto ya el 28 de junio para apoyar las labores de socorro y asistencia humanitaria (Comando Sur de EE. UU., 2026). En las semanas posteriores a los terremotos, el puerto ha servido como centro de recuperación tras la tragedia, así como de morgue temporal para las víctimas. La carga comercial fue desviada a través de Puerto Cabello. A fecha de 26 de junio, Puerto Cabello operaba solo parcialmente debido a la insuficiencia de energía eléctrica, lo que reducía la capacidad disponible para absorber el tráfico marítimo desviado y podía afectar a las cadenas de suministro regionales. Se prevé que las operaciones comerciales se reanuden gradualmente en el Puerto de La Guaira a partir del 21 de julio (MAERSK, 2026).

En Caracas, los servicios de transporte público fueron suspendidos temporalmente para facilitar las operaciones de respuesta y recuperación ante la emergencia. Los sistemas de metro y ferrocarril fueron clausurados mientras se realizaban las inspecciones y se llevaban a cabo las labores de rescate, lo que limitó la movilidad en toda el área metropolitana durante los periodos inmediatamente posteriores al terremoto.

[36] teleSUR. (30 de julio de 2026). Consultado a través de: https://www.telesurenglish.net/venezuela-quake-recovery-airport-repairs/

El transporte terrestre también se vio afectado por las restricciones en la carretera principal que conecta La Guaira y Caracas. El acceso a lo largo de este corredor de transporte fundamental era limitado, y el uso de la carretera estaba reservado principalmente para el personal de respuesta a emergencias durante el período inicial de respuesta. Estas restricciones limitaron la circulación entre la capital y el principal aeropuerto internacional de Venezuela, así como entre las comunidades costeras cercanas.

Hallazgos de reconocimiento del equipo de campo de GEER

Las observaciones de reconocimiento indicaron que la infraestructura de transporte sufrió daños tanto estructurales como geotécnicos, y que los impactos más graves se concentraron en las comunidades costeras. La terminal de autobuses de Catia La Mar presentó fallos estructurales generalizados en vigas y conexiones, así como un colapso generalizado de la mampostería y rotura de losas asociado a una respuesta de diafragma flexible. La estructura de la plataforma trasera de la terminal también se derrumbó. Las observaciones geotécnicas realizadas en el lugar revelaron separaciones de hasta 20 cm en las losas del estacionamiento y erosión localizada en algunos de los cimientos de la estructura. En cambio, la terminal de autobuses de La Guaira permaneció estructuralmente intacta, con daños limitados a componentes no estructurales. Entre los daños observados se incluyó la pérdida del revestimiento exterior de una columna sin comprometer la estructura principal, así como el desprendimiento de mampostería en el segundo nivel y en partes del techo.

Los daños en la red de transporte fueron generalizados. Cerca del puerto deportivo de Caraballeda, la calzada presentaba un desnivel de aproximadamente 1,2 m, acompañado de grietas longitudinales y transversales de hasta 30 cm de ancho. Se observaron deslizamientos de tierra y bloqueos de carreteras causados por el derrumbe de edificios a lo largo de la carretera principal que atraviesa Catia La Mar, y se documentaron condiciones similares a lo largo de la 5ª Calle. En la región de Tucacas, los puentes a lo largo de la carretera Morón-Tucacas sufrieron un desplazamiento lateral de aproximadamente 10 cm asociado a deslizamientos de tierra y un desplazamiento vertical de aproximadamente 6 cm, lo que limitó el tráfico a un solo carril. También se observaron daños importantes en los puentes de la zona de La Guaira, donde uno de los puentes de acceso a Caraballeda se había derrumbado y otro, situado más cerca de la costa, se consideraba en riesgo de derrumbe. Además, varios puentes a lo largo de la carretera Caracas-La Guaira en la zona de Bolipuertos sufrieron daños en sus estribos.

13.5 Agradecimientos

Los autores de este capítulo agradecen a Liam Wotherspoon (profesor de la Universidad de Auckland) su revisión del contenido y sus valiosos comentarios.

13.6 Referencias

Caliber. (25 de junio de 2026). Caracas hit by power, water outages after devastating earthquake [Caracas sufre cortes de luz y agua tras un devastador terremoto]. https://caliber.az/en/post/caracas-hitby-power-water-outages-after-devastating-earthquake

ICOLD (2016). Inspection of Dams. Bulletin 166.

International Medical Corps. (26 de junio de 2026). Venezuela earthquakes: What you need to know [Terremotos en Venezuela: lo que necesita saber]. https://internationalmedicalcorps.org/story/venezuela-earthquakes-what-you-need-to-know/

López, J.L, Perazzo, P., Arnal, M., Pereira, K., Betancourt, C. (2026). Reporte de Inspeccion Post-Sismo, a las Presas de Control de Sedimento Rios Macuto y San Julian. Estado La Guaira. Carta memorándum. 22 de julio.

MenaLive vía X. (25 de junio de 2026). https://x.com/MenaLive_/status/2070260460645994589

MGR Consultants (2004). Proyecto de Investigación. Programa de Revisión de Presas. Preparado para Fonacit. Junio de 2004.

Oregon Public Broadcasting. (26 de junio de 2026). Things to know about Venezuela's powerful earthquakes [Información importante sobre los potentes terremotos de Venezuela]. https://www.opb.org/article/2026/06/26/things-to-know-about-venezuela-s-powerful-earthquakes/

Perazzo, P. (2026). Comunicaciones personales

Rafael Galicia vía YouTube. (14 de julio de 2026). https://www.youtube.com/watch?v=MA4Fytcxs1g

Rede TVT vía YouTube. (26 de junio de 2026). https://www.youtube.com/shorts/yRkU81fM7_8

Reuters. (25 de junio de 2026). Damage from quakes limited at Venezuela's oil infrastructure, workers say. [Según los trabajadores, los daños causados por los terremotos en la infraestructura petrolera de Venezuela fueron limitados.] https://www.reuters.com/business/energy/petrochemical-complex-venezuela-restarting-following-quake-firefighters-say-2026-06-25/

Reuters. (13 de julio de 2026). Venezuela's smallest refinery restarts catalytic cracker, workers say [La refinería más pequeña de Venezuela reinicia su unidad de craqueo catalítico, informan los trabajadores]. https://www.reuters.com/business/energy/venezuelas-smallest-refinery-restarts-catalytic-cracker-workers-say-2026-07-13/

teleSUR. (10 de julio de 2016). La Guaira Power Recovery Reaches 96% After Quakes [La Guaira recupera el 96% del suministro eléctrico tras los terremotos]. https://www.telesurenglish.net/la-guaira-power-recovery96-after-quakes/

teleSUR. (27 de junio de 2026). Venezuela Restores 60% of Power in Quake-Hit La Guaira [Venezuela restablece el 60 % del suministro eléctrico en La Guaira, ciudad afectada por el terremoto].https://www.telesurenglish.net/venezuela-restores-60-power-la-guaira/

teleSUR. (30 de julio de 2026). Consultado a través de: https://www.telesurenglish.net/venezuela-quake-recovery-airport-repairs/

teleSUR vía Instagram. (14 de julio de 2026). https://www.instagram.com/p/DaxqaThEdSG/

The New York Times. (25 de junio de 2026). Venezuela Earthquakes Hammer Infrastructure, Making Aid Efforts Harder [Los terremotos en Venezuela devastan la infraestructura y dificultan los esfuerzos de ayuda]. https://www.nytimes.com/2026/06/25/world/americas/venezuela-earthquakes-infrastructure.html

The World Bank Group. (2026). Global Rapid Post-Disaster Damage Estimation (GRADE) Report – Venezuela Earthquakes [Informe del Sistema Global de Estimación Rápida de Daños Posteriores a Desastres (GRADE, por sus siglas en inglés) – Terremotos de Venezuela]. Washington, D.C. Obtenido de https://www.gfdrr.org/sites/default/files/publication/GRADE%20Venezuela.pdf

TTTLiveOnline vía Facebook. (28 de junio de 2026). https://www.facebook.com/tttliveonline/posts/60-of-electricity-services-invenezuelas-la-guaira-state-have-been-restored-and-/1454013516760881/

UltimasNoticias. (14 de julio de 2016). Avanzan trabajos de recuperación del sistema hídrico de Barlovento tras daños por sismos. https://ultimasnoticias.com.ve/mas-vida/avanzan-trabajos-de-recuperacion-del-sistema-hidrico-de-barlovento-tras-danos-por-sismos/**Error! Hyperlink reference not valid.**

14. IMPACTOS HUMANOS Y ECONÓMICOS

Tabla 14-1. Autores principales de esta sección

Nombre	Afiliación
Nicole Paul	Investigadora postdoctoral en ETH Zurich, Suiza
Melanie Dickson	Estudiante de postgrado en NC State, EE. UU.
Ashly Cabas	Profesora asociada en NC State, EE. UU.

14.1 Actores y acciones de respuesta ante eventos extremos

La Oficina de las Naciones Unidas para la Coordinación de Asuntos Humanitarios (OCHA) informó que, al 21 de julio, 49 organizaciones participaban activamente en actividades de respuesta: 4 de la ONU, 19 internacionales y 25 nacionales o locales (OCHOA 2026). Además, varios miembros de la comunidad científica internacional se movilizaron a Venezuela durante los primeros días/semanas posteriores a los terremotos de junio de 2026 para comprender mejor el alcance de los daños y documentar los impactos en los entornos construidos y naturales, así como en las comunidades. Hacemos hincapié en la importancia de la coordinación local entre las sociedades profesionales (por ejemplo, la SVG), el mundo académico (por ejemplo, la UCV, la UCAB, la UNIMET, la Universidad de Carabobo, etc.), la industria y las entidades gubernamentales para fomentar colaboraciones estratégicas y el rol esencial que desempeñaron (y siguen desempeñando) en el apoyo a las vías para el descubrimiento científico. Los equipos de GEER, tanto los que trabajan a distancia como los que lo hacen en el terreno, se beneficiaron enormemente de la generosidad de estos colaboradores locales, que permitieron documentar los impactos de estos intercambios en medio de tiempos difíciles para el país. Se mantienen colaboraciones para seguir examinando los posibles mecanismos de falla y llevar a cabo investigaciones de seguimiento en el campo.

14.2 Estimaciones anal í ticas preliminares de los impactos

14.2.1 PAGER del USGS

Horas después de los terremotos, las primeras estimaciones de su impacto estuvieron disponibles en el sitio web del Programa de Peligros Sísmicos del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS). Uno de los productos publicados es el Sistema de Evaluación Rápida de Terremotos Globales para la Respuesta (PAGER, por sus siglas en inglés), un sistema automatizado que utiliza datos sísmicos de sensores remotos para estimar rápidamente la intensidad de los terremotos y el alcance de los impactos de estos eventos a nivel mundial (USGS 2026).

En el caso del terremoto de magnitud 7.5, el USGS estimó inicialmente que su epicentro se localizaba a 20 km al este-sureste de Yumare. Sobre la base de este entendimiento, PAGER emitió una alerta roja por pérdidas humanas y económicas, lo que indicaba que era probable que se produjeran cifras elevadas de víctimas y daños extensos, y que el desastre sería generalizado. El modelo estimó que las pérdidas económicas podrían ascender a entre el 5% y el 20% del PIB de

Venezuela, y señaló que la población de la región reside principalmente en estructuras vulnerables, predominantemente edificios de mampostería sin refuerzo y construcciones de adobe. En términos de exposición, PAGER identificó niveles de sacudidas severas y violentas (MMI VIII–IX) y daños potenciales que van de “fuertes” a “muy fuertes” en ciudades costeras como Caraballeda (49.000 residentes expuestos a MMI IX) y La Guaira (204.000), así como sacudidas severas (MMI VIII) con daños “moderadamente fuertes” a “fuertes” en Maiquetía (88.000), Puerto Cabello (209.000), Catia La Mar (662.000) y Ocumare de la Costa (7.000) (USGS 2026). La página de PAGER se actualizó por última vez el 17 de julio de 2026. La Figura 14-1 muestra la información actualizada más recientemente en el sitio web del USGS (último acceso: 10 de agosto de 2026).

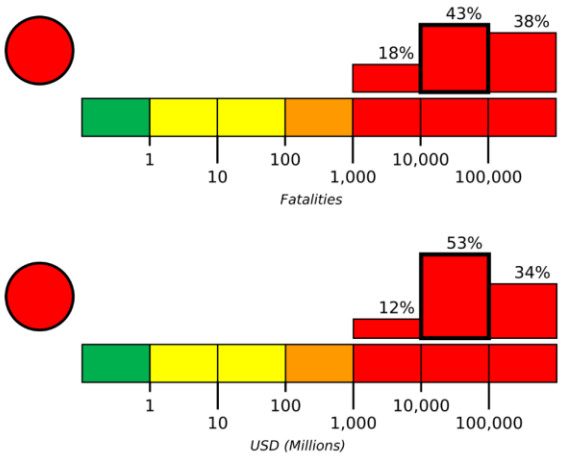
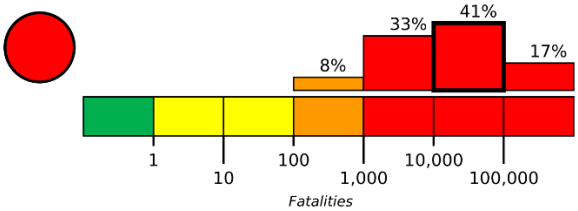


Figura 14-1. Probabilidades de mortalidad y pérdidas económicas según el sistema PAGER del USGS para el terremoto de magnitud 7.5 (cerca de Yumare), Venezuela. Obtenidos del Servicio Geológico de los Estados Unidos, Programa de Peligros Sísmicos.

Para el evento de magnitud 7.2 que ocurrió aproximadamente a 21 km al ENE de San Felipe, PAGER también emitió una alerta roja y estimó pérdidas económicas en el rango del 0 al 7 % del PIB nacional. En este caso, el temblor máximo modelado fue severo (MMI VIII) en San Felipe, con daños potenciales que van desde "moderados fuertes" hasta "fuertes" y una población expuesta de aproximadamente 221.000 habitantes, mientras que otras ciudades como Puerto Cabello, Tucacas, Valencia y Valencia se encontraban mayoritariamente en el rango MMI VI-VII (USGS 2026).



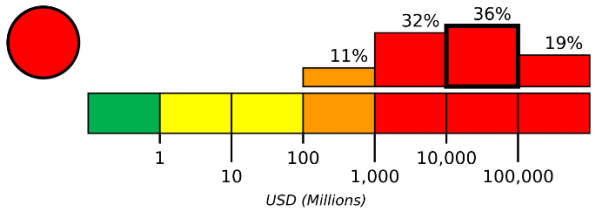


Figura 14-2. Probabilidades de mortalidad y pérdidas económicas según el sistema PAGER del USGS para el terremoto de magnitud 7.2 (cerca de San Felipe), Venezuela. Obtenidos del Servicio Geológico de los Estados Unidos, Programa de Peligros Sísmicos.

14.2.2 GEM

La Fundación Global Earthquake Model (GEM, por sus siglas en inglés)[37] proporciona periódicamente estimaciones rápidas del impacto de los terremotos al Centro de Coordinación de Respuesta a Emergencias (ERCC, por sus siglas en inglés)[38] del Mecanismo de Protección Civil de la Unión Europea (UE). El ERCC actúa como centro de coordinación para los Estados miembros de la UE y los Estados participantes, el país afectado y los expertos en protección civil y ayuda humanitaria. Las estimaciones de impacto rápido aprovechan los modelos de geometría de ruptura de ShakeMap del USGS y los componentes del Modelo de Riesgo Sísmico Global de GEM[39] (es decir, modelos de movimiento del suelo, modelo de exposición y modelos de vulnerabilidad).

Si bien las estimaciones iniciales del impacto de los terremotos venezolanos se proporcionaron al ERCC en un plazo de 24 horas, las estimaciones posteriores incorporaron la geometría actualizada de las fallas del USGS y supuestos alternativos sobre la magnitud. En la Tabla 14-2 se presenta un resumen de los impactos medios estimados. Las diferencias entre las estimaciones del impacto medio del 25 de junio y del 6 de julio se deben a los cambios en las geometrías de ruptura estimadas con mayor precisión a lo largo del tiempo. Las Figura 14-3 yFigura 14-4 también muestran la distribución espacial de la media estimada de víctimas mortales y edificios irreparables para el análisis M7.6, respectivamente.

Tabla 14-2. Estimaciones analíticas de riesgo de la Fundación GEM.

Fecha de análisis	25 de junio de 2026	6 de julio de 2026	6 de julio de 2026
Magnitud supuesta*	**M7.2 + M7.5**	**M7.2 + M7.5**	**M7.6**
Personas que viven en edificios con daños moderados o superiores (*millones*)	0,6	1,1	1,2

[37] https://www.globalquakemodel.org/
[38] https://civil-protection-humanitarian-aid.ec.europa.eu/what/civil-protection/emergency-response-coordination-centre_en
[39] https://www.globalquakemodel.org/products

Fecha de análisis	25 de junio de 2026	6 de julio de 2026	6 de julio de 2026
Superficie del suelo perdida (*millones de metros cuadrados*)	9,9	16,8	19,0
Personas gravemente heridas (*miles*)	9,7	16,4	18,6
Edificios irreparables (*miles*)	129	217	245
Muertes (*miles*)	2,9	5,0	5,6
Quedaron sin hogar (*miles*)	480	818	927
Pérdida económica (*miles de millones de dólares*)	4,1	6,1	7,9

*Dado que hubo dos grandes terremotos, es necesario hacer una suposición sobre cómo agregar los impactos estimados. Los resultados de M7.2 + M7.5 utilizan el impacto máximo estimado en cada ubicación de activos en dos simulaciones separadas: una del evento M7.2 y otra del evento M7.5. Mientras tanto, el análisis de M7.6 se basa en una única simulación que utiliza la inversión de fallas finitas del USGS (versión 3), la cual trata los eventos M7.2 y M7.5 como una ruptura continua[40] y con una magnitud mayor equivalente a la liberación total de energía en ambos eventos.

Aparte de las diferentes suposiciones sobre la geometría de la ruptura, los modelos de exposición y vulnerabilidad se basan en la versión de junio de 2026 del modelo de riesgo sísmico global de GEM. Los valores de población y costo de reposición son representativos de mediados de 2025. Las cifras estimadas de víctimas mortales y pérdidas económicas se deben exclusivamente a los daños directos sufridos por edificios residenciales, comerciales e industriales.

[40] https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us6000t7zp/finite-fault

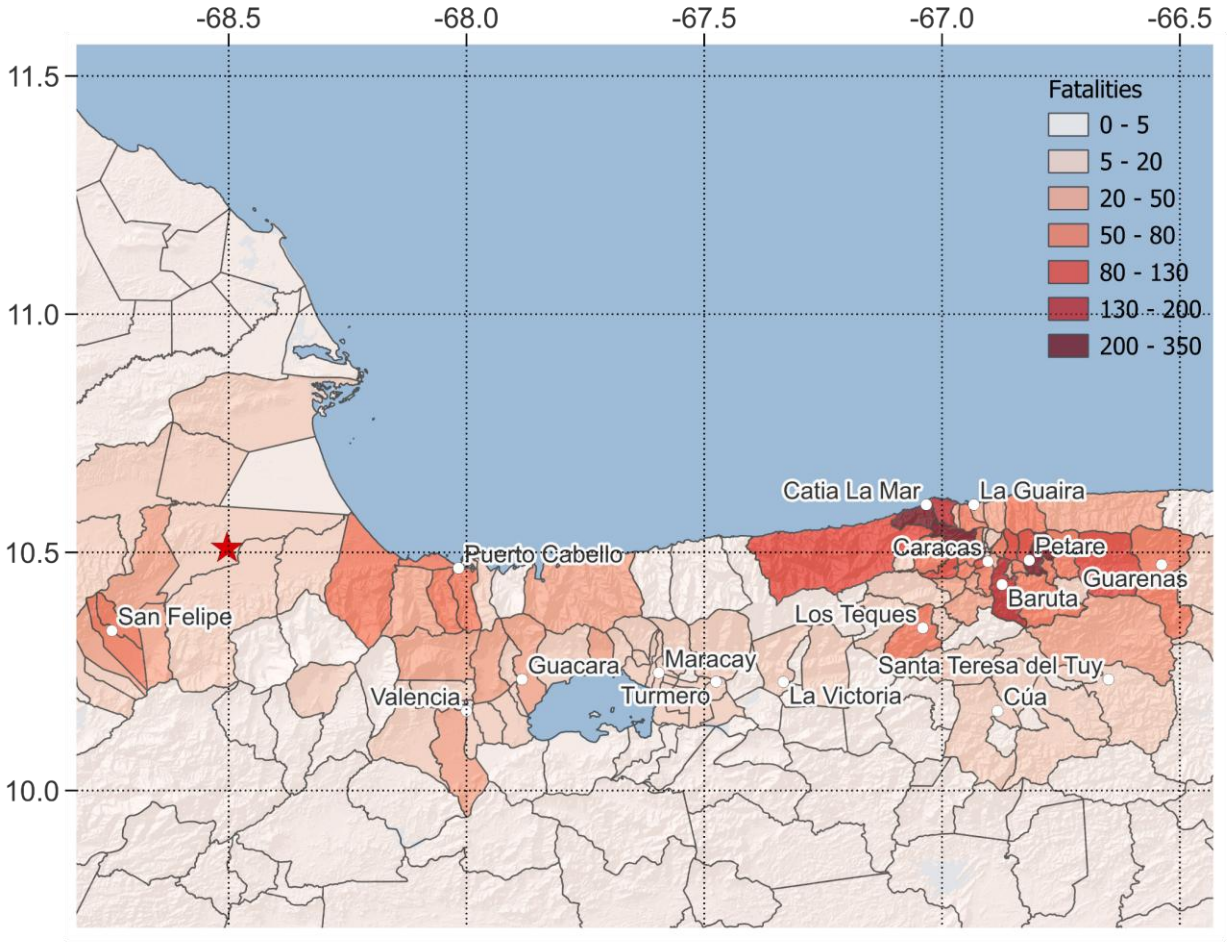


Figura 14-3. Distribución espacial del promedio estimado de muertes por análisis GEM.

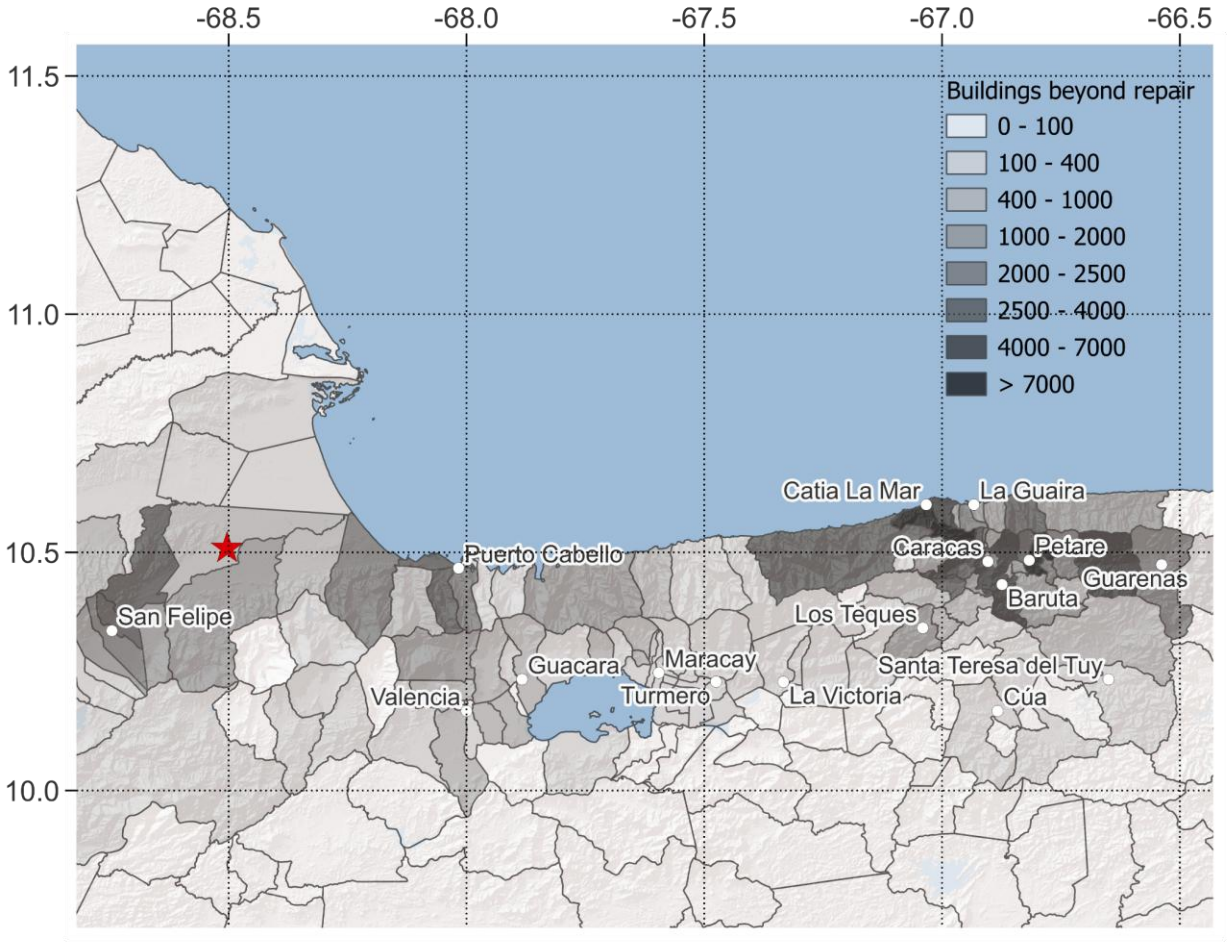


Figura 14-4. Distribución espacial del promedio estimado de edificios irreparables según el análisis GEM.

14.2.3 UNDRR

Otra organización que informó sobre estimaciones directas de los daños físicos causados por los dos terremotos a edificios e infraestructuras fue la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNDRR), con el apoyo de Ingeniar CAD/CAE Ltda.[41] y ERN[42]. Estos resultados se dieron a conocer a través de un informe técnico publicado el 3 de julio, aproximadamente una semana y media después de los terremotos (por ejemplo, véase la Figura 14-5).[43] En su evaluación, los daños a los edificios, incluidas las estructuras residenciales, comerciales, educativas, sanitarias, institucionales e industriales, se estimaron en alrededor del 3 % del parque inmobiliario expuesto, lo que equivale a aproximadamente 24 millardos de dólares, mientras que los daños a la infraestructura se estimaron en alrededor del 4 % del parque

[41] https://ingeniar-risk.com/en/
[42] https://www.ern.com.mx/web/
[43] https://www.undrr.org/publication/documents-and-publications/analytical-estimate-damages-caused-june-24-2026-earthquakes

inmobiliario expuesto, lo que equivale a aproximadamente 13 millardos de dólares. En general, el informe estimó los daños físicos directos en aproximadamente 37 millardos de dólares y los asoció con un período de retorno de unos 180 años (Salgado et al. 2026).

La UNDRR también subraya que estas cifras deben interpretarse como una estimación de los daños directos, no como una medida del costo total del desastre. El documento excluye explícitamente las pérdidas indirectas, las interrupciones en las actividades y servicios productivos, los costos de respuesta a emergencias, los efectos en las cadenas de suministro y los impactos sociales, ambientales y macroeconómicos, así como los costos de recuperación, refuerzo y reconstrucción. En este sentido, el propio informe señala que el impacto económico total probablemente será mayor que el valor directo estimado en el informe (Salgado-Galvez et al 2026).

El modelo utilizado en el informe para estimar los daños combina campos de aceleración máxima del suelo (PGA) obtenidos mediante el programa R-CRISIS (Ordaz et al. 2021) y el modelo regional de peligro sísmico ASLAC2 (Salgado-Gálvez et al. 2019), efectos del sitio basados en V_{s30}un modelo global de exposición de edificios (GAR15, De Bono y Chatenoux 2014) y un modelo de exposición de infraestructura (GIRI/CDRI) (Cardona et al. 2023), junto con más de 35 funciones de vulnerabilidad para edificios y más de 50 para infraestructura. El valor total expuesto de edificios e infraestructura en Venezuela se estima en aproximadamente USD 1080 millones, de los cuales alrededor del 70 % corresponde a edificios y el 30 % a infraestructura (Salgado-Galvez et al 2026).

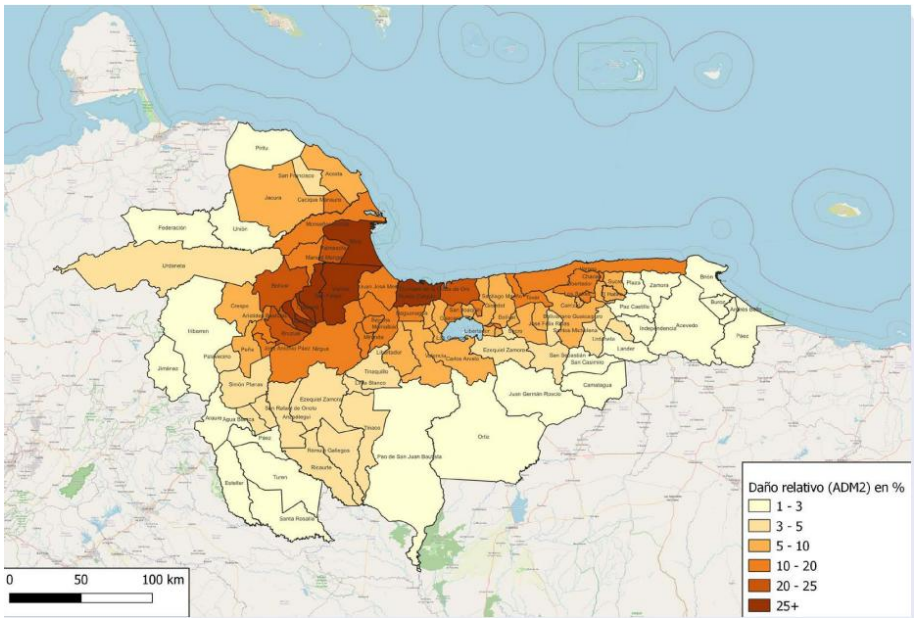


Figura 14-5. Agregación a nivel municipal de los daños directos modelados a edificios e infraestructura en el norte de Venezuela, basada en la estimación analítica de daños de la UNDRR (UNDRR, 2026, Figura 5).

14.2.4 GRADE del Banco Mundial

El Banco Mundial, utilizando la metodología GRADE (Estimación Rápida Global de Daños Posteriores a Desastres), elaboró otra estimación preliminar de los daños físicos causados por los

terremotos en Venezuela.[44] En esencia, GRADE calcula el coste de reposición de los bienes dañados: cuánto costaría restaurar cada edificio o infraestructura al estado en que se encontraba antes del suceso, sin tener en cuenta las mejoras ni la posibilidad de "reconstruir mejor". El propio informe aclara que no estima las pérdidas económicas ni las necesidades de recuperación, y que los costes de reconstrucción, incluidos los refuerzos estructurales, los cambios en la tipología de los edificios, la gestión de escombros y otros costes asociados, pueden oscilar entre dos y dos veces y media el valor de reposición calculado por GRADE. Basándose en comparaciones con otros desastres, el documento también señala que, en muchos casos, las pérdidas y necesidades totales acaban oscilando entre el 50 % y el 200 % del valor de los daños directos, con una concentración frecuente en el rango del 70 % al 150 %.

Metodológicamente, GRADE se presenta como una estimación de primer orden basada en información remota, que se nutre de los datos disponibles en las primeras semanas posteriores a un desastre y los calibra comparándolos con los informes de daños a medida que estos se vuelven más completos y fiables. Esto le permite ofrecer resultados rápidos, con una precisión que el Banco Mundial estima en torno al 90%, en comparación con evaluaciones más lentas y detalladas. En el caso de Venezuela, el informe analiza cómo esta estimación se ajusta a una gama más amplia de modelos y ejercicios analíticos, que van desde cifras del orden de 6 millardos de dólares hasta valores cercanos a los 37 millardos de dólares, y explica que las diferencias entre los estudios se deben generalmente a tres factores: qué activos se incluyen o excluyen, qué modelos y supuestos se utilizan para representar los daños, y la calidad y cobertura de los datos de entrada y calibración (Banco Mundial 2026).

14.3 Impactos reportados en el primer mes

14.3.1 Rescate y víctimas

Una de las principales preocupaciones durante la primera semana y media fue la búsqueda y rescate urbano (USAR, por sus siglas en inglés), para la cual se desplegaron 71 equipos compuestos por 2786 personas y 216 perros de búsqueda procedentes de 31 países.[45]Para el 2 de julio, se había informado del rescate de 6462 personas.[46] El número de víctimas aumentó durante los días y semanas posteriores a los terremotos, con un estimado de 5.398 muertos y 16.740 heridos hasta el 23 de julio (véase la Figura 14-6).[47] Al 2 de julio, 21 hospitales reportaron 4757 pacientes registrados en cuatro estados.[48] El día anterior, se informó que aproximadamente 13 000 personas habían sido dadas de alta de los centros de salud tras su recuperación.[49]

[44] https://www.gfdrr.org/sites/default/files/publication/GRADE%20Venezuela.pdf
[45] https://reliefweb.int/report/venezuela-bolivarian-republic/venezuela-earthquakes-june-2026-urban-search-and-rescue-usar-team-snapshot-14-july-1000-gmt-4
[46] https://reliefweb.int/report/venezuela-bolivarian-republic/earthquakes-venezuela-situation-report-9-02july-2026-time-0900-pm
[47] https://www.unocha.org/publications/report/venezuela-bolivarian-republic/earthquakes-venezuela-situation-report-30-23-july-2026-time-0900-pm
[48] https://localizapacientes.com/
[49] https://reliefweb.int/report/venezuela-bolivarian-republic/earthquakes-venezuela-situation-report-no-8-01-july-2026-time-0700-pm

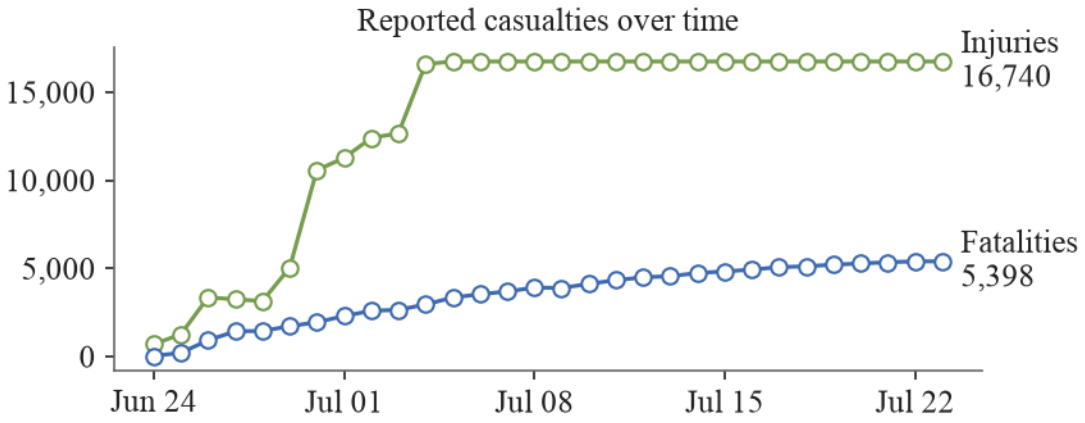


Figura 14-6. Víctimas reportadas a lo largo del tiempo según los informes diarios de situación de la OCHA de la ONU, que citan cifras oficiales.

14.3.2 Desplazamiento de la población

En los días inmediatamente posteriores a los terremotos, la información sobre el número de personas desplazadas fue limitada. No obstante, muchos medios de comunicación informaron que las familias permanecieron al aire libre por preocupación por su seguridad y por temor a las réplicas.[50] Se reportaron campamentos improvisados en calles, plazas, parques, estadios y otras áreas abiertas.

La información sobre los refugios temporales comenzó aproximadamente una semana después, y el número de emplazamientos aumentó de 25 el 1 de julio a 107 el 16 de julio. Los 107 refugios temporales están distribuidos entre Caracas (41), La Guaira (28), Miranda (28) y Aragua (10). A fecha de 23 de julio, se estima que 17 907 personas no tienen vivienda y 23 843 permanecen en refugios temporales.[51]Los datos recogidos en tres campamentos de transición durante la primera semana de julio se resumen en la Tabla 14-3, que proporciona desgloses por datos demográficos y daños en las viviendas. Además, se identificó que muchas personas en estos campamentos de transición tenían necesidades específicas: personas con discapacidades, mujeres embarazadas, personas con problemas de salud graves, necesidades de protección legal y/o física, y personas con familiares desaparecidos.

[50] https://www.nytimes.com/2026/06/26/world/americas/venezuela-earthquake-survivors-displaced.html
http://english.elpais.com/international/2026-06-26/aid-trickles-in-survivors-sleep-outside-and-looting-breaks-out-in-la-guaira-the-venezuelan-city-hardest-hit-by-the-earthquake.html
https://www.infobae.com/venezuela/2026/06/25/plazas-parques-y-calles-se-llenan-de-familias-que-buscan-refugio-tras-los-terremotos-en-venezuela/

[51] https://www.unocha.org/publications/report/venezuela-bolivarian-republic/earthquakes-venezuela-situation-report-30-23-july-2026-time-0900-pm

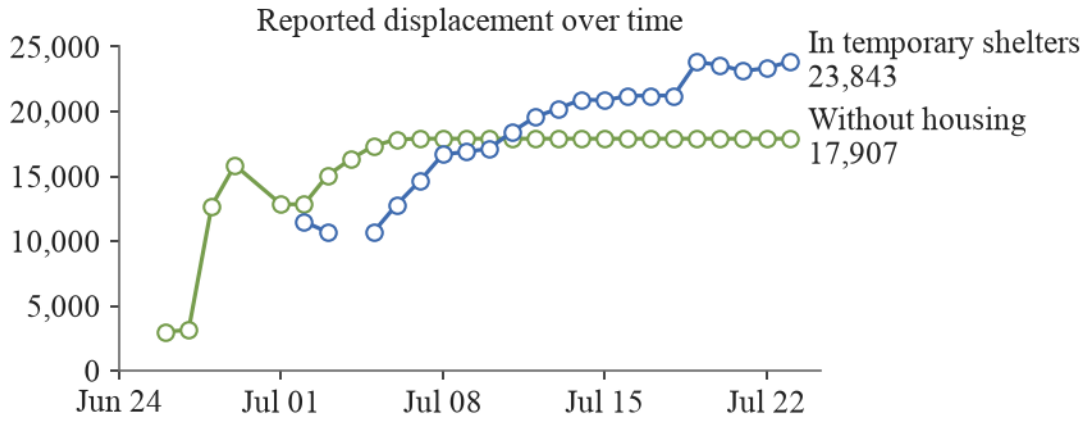


Figura 14-7. Poblaciones desplazadas reportadas a lo largo del tiempo según los informes diarios de situación de la Oficina de Coordinación de Asuntos Humanitarios de las Naciones Unidas (OCHA).

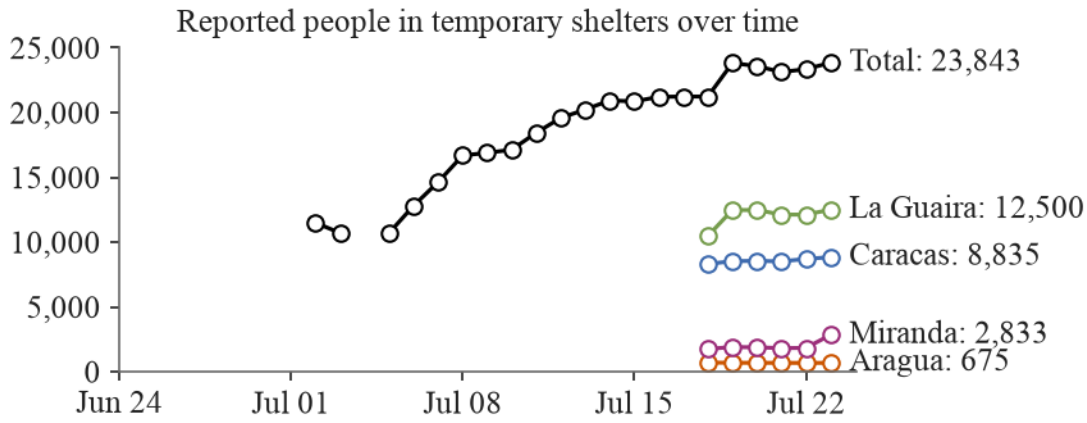


Figura 14-8. Población reportada en refugios temporales a lo largo del tiempo según los informes diarios de situación de la Oficina de Coordinación de Asuntos Humanitarios de las Naciones Unidas (OCHA), desglosados por estado.

Tabla 14-3. Desglose demográfico y de daños a la vivienda de las personas en los refugios temporales según la Matriz de Seguimiento de Desplazamientos (DTM) de la Organización Internacional para las Migraciones (OIM)[52]

Sitio de refugio temporal	Desglose demográfico	Desglose de daños en la vivienda
Polideportivo José María Vargas	51 % mujeres 33 % Niños y adolescentes (<18) 11 % Personas mayores (60 años o más)	77 % de daño total 23 % de daños parciales
Estadio de béisbol César Nieves	52 % mujeres 25 % Niños y adolescentes (<18) 17 % Personas mayores (60 años o más)	67 % de daño total 32 % de daños parciales 1 % Desconocido
Estadio de Playa Grande	70 % mujeres 45 % Niños y adolescentes (<18)	--

14.3.3 Acceso a servicios y necesidades básicas

En los días y semanas posteriores a los terremotos, el acceso a los servicios básicos y a los bienes esenciales se vio gravemente interrumpido en las zonas más afectadas, especialmente en La Guaira y el Gran Caracas, donde las autoridades y los actores humanitarios informaron de interrupciones generalizadas en los servicios de electricidad, agua, gas, telecomunicaciones, transporte y salud.[53]

Las evaluaciones preliminares rápidas coordinadas por el Grupo de Salud y las organizaciones asociadas pusieron de manifiesto la magnitud de la interrupción de la infraestructura y los servicios en La Guaira. Una evaluación dirigida por International Medical Corps el 25 de junio estimó que entre el 70 y el 90 por ciento de los edificios en La Guaira resultaron dañados o colapsaron e informó que el 100 por ciento de las instalaciones de salud en el área evaluada se vieron afectadas.[62] Evaluaciones paralelas realizadas por CESAP, AVESSOC y Acción Campesina a lo largo del corredor Macuto-Caraballeda describieron más de 40 edificios completamente destruidos, daños estructurales severos o graves en un estimado del 80 por ciento de los edificios residenciales y fallas en el sistema eléctrico, con líneas eléctricas colapsadas y cortes prolongados.[62] Estos hallazgos fueron consistentes con los informes de la IFRC de hasta un 95 por ciento de impacto estructural en sectores críticos de La Guaira y grave interrupción de electricidad, agua, gas y telecomunicaciones, particularmente en barrios costeros como Catia La Mar y Playa Grande.[54]

Las condiciones de agua, saneamiento e higiene (WASH, por sus siglas en inglés) se deterioraron rápidamente en esos mismos lugares. La FICR documentó la necesidad crítica de restablecer el suministro de agua y el saneamiento en refugios, estadios y otros puntos de concentración, señalando que las bombas de agua colapsadas en la base del estadio de La Guaira habían dejado

[52] https://reliefweb.int/report/venezuela-bolivarian-republic/bolivarian-republic-venezuela-transitional-camps-06-july-2026
[53] https://reliefweb.int/report/venezuela-bolivarian-republic/earthquakes-venezuela-situation-report-16-09-july-2026-time-0900-pm
[54] https://go.ifrc.org/emergencies/7990/reports

inoperables los baños y las duchas. En respuesta, los equipos WASH de la Cruz Roja Venezolana priorizaron el reemplazo o reparación de bombas de agua, la reactivación de duchas y letrinas en sitios clave, y el suministro de agua potable y apoyo para el tratamiento del agua.[54] UNICEF y sus socios WASH desplegaron tanques de almacenamiento de agua y kits de higiene, distribuidos para apoyar a grupos de población vulnerables,[60] mientras que socios como CISP instalaron puntos de lavado de manos en los campamentos de transición de Playa Grande.[64] A finales de julio, UNICEF informó que mantenía letrinas de emergencia, puntos de lavandería y estaciones de lavado de manos, apoyados por operaciones regulares de camiones cisterna que proporcionaban alrededor de 80 000 litros de agua por día y la distribución de kits de higiene familiar que llegaron a 8906 personas en entornos de desplazamiento. Asimismo, la OIM reforzó el acceso al almacenamiento seguro de agua y a los suministros de higiene, distribuyendo más de 1500 contenedores de agua plegables y más de 1000 kits de higiene a los hogares afectados.[51]

El acceso a los alimentos fue también una preocupación fundamental durante el primer mes. Muchas familias en La Guaira y el Gran Caracas recurrieron a cocinar en espacios públicos o a depender de donaciones y comedores comunitarios, ya que los daños a las viviendas, los mercados y las cadenas de suministro interrumpieron el acceso normal a los alimentos.[62] Los informes del PMA indican que, a finales de julio, había llegado a más de 100.000 personas con asistencia alimentaria en las zonas afectadas por el terremoto a través de tres modalidades principales: comidas calientes en refugios y comedores comunitarios, raciones listas para consumir para personas sin instalaciones para cocinar y canastas de alimentos secos que cubrían alrededor del 75 por ciento de las necesidades mensuales de un hogar donde las viviendas seguían siendo habitables pero los medios de subsistencia y el acceso al mercado se vieron interrumpidos.[55]Paralelamente, World Central Kitchen desplegó una cocina de campaña de gran capacidad y una red de restaurantes locales asociados en La Guaira, Caracas y partes de Carabobo, sirviendo decenas de miles de comidas calientes al día en docenas de puntos de distribución y, a mediados de julio, informó que sus equipos habían servido más de un millón de comidas a familias, personal de respuesta y personas refugiadas en las calles y espacios públicos.[56]

El acceso a la atención médica se vio limitado tanto por los daños directos a la infraestructura como por el aumento repentino de casos de traumatismos y otras necesidades médicas. Inmediatamente después del terremoto, los centros de salud pública se enfrentaron a un aumento repentino de la demanda relacionada con las lesiones sufridas y se vieron obligados a evacuar a los pacientes de las instalaciones dañadas. Según la FICR, a los pocos días del suceso, se reportaron daños en al menos ocho hospitales, algunos evacuados y otros operando por encima de su capacidad, mientras que el hospital de la Cruz Roja Venezolana en Caracas alcanzó su capacidad máxima la primera noche y tuvo que cerrar temporalmente.[54] Las evaluaciones rápidas en La Guaira describieron clínicas ambulatorias colapsadas, un hospital de campaña en un campo de golf que operaba con aproximadamente 30 empleados y voluntarios, y el Hospital Dr. José María Vargas atendiendo a unos 800 pacientes con escasez de suministros, anestésicos y capacidad de morgue. El Grupo de Salud hizo hincapié en que los centros de salud de La Guaira estaban bajo una “presión severa”, con deficiencias críticas en la atención de traumatismos, suministros y

[55] https://media.un.org/unifeed/en/asset/d361/d3612149
[56] https://wck.org/es/news/aviso-a-los-medios-wck-abre-una-cocina-de-campo-para-ampliar-la-respuesta-al-los-terremotos-en-venezuela-con-30-000-comidas-diarias/

energía eléctrica, y recomendó reforzar el triaje, la atención prehospitalaria, las vías de derivación y las unidades médicas móviles.[62]

Para paliar parcialmente estas deficiencias, diversos actores desplegaron servicios médicos y sanitarios de emergencia en cuestión de horas e incluso días después del suceso. La Cruz Roja Venezolana instaló un hospital de campaña y puestos de primeros auxilios en La Guaira, atendidos por cientos de voluntarios y personal, y reportó un alto volumen de consultas de atención primaria de salud en los primeros días de la respuesta.[57] Un hospital de campaña de emergencia enviado por la FICR reforzó esta capacidad, permitiendo brindar atención primaria de salud a decenas de miles de personas en las zonas más afectadas.[58] International Medical Corps desplegó unidades médicas móviles y comenzó a transportar agua potable en camiones a La Guaira para apoyar a los centros de salud saturados y a las comunidades circundantes.[59] Al 23 de julio, la OPS/OMS indicó que algunos Equipos Médicos de Emergencia (EMT) habían participado en la respuesta, 14 de los cuales seguían operativos, prestando decenas de miles de consultas en campamentos y barrios afectados. La OIM y UNICEF ampliaron los servicios móviles y en centros sanitarios, proporcionando conjuntamente más de 7000 consultas médicas y llegando a más de 20.000 personas a través de la atención primaria de salud y actividades de vacunación con medicamentos, apoyo psicológico y suministros sanitarios esenciales.[51]

Más allá del acceso a agua, saneamiento e higiene, alimentos y salud, el acceso a una variedad de otros servicios esenciales y necesidades básicas se vio interrumpido en las zonas afectadas por el terremoto. Las fallas en el suministro eléctrico y las telecomunicaciones dificultaron la coordinación, la localización de familiares y el flujo de información, lo que impulsó el uso de conectividad satelital como Starlink y la evaluación de sitios repetidores en zonas montañosas como Galipán para restablecer las comunicaciones.[54] Las limitaciones de transporte, incluyendo carreteras dañadas, escombros y el cierre parcial del Aeropuerto Internacional Simón Bolívar en Maiquetía, complicaron la llegada y el posterior traslado de suministros de ayuda, lo que llevó a la FICR, el PMA y otros socios a depender de rutas alternativas y operaciones de puentes aéreos específicos para transportar suministros médicos y de ayuda.[54]

[57] https://www.redcross.org/about-us/news-and-events/news/2026/red-cross-movement-responds-to-venezuela-earthquakes.html
[58] https://reliefweb.int/report/venezuela-bolivarian-republic/venezuela-earthquakes-ifrc-dispatches-emergency-field-hospital-supports-venezuelan-red-cross-distribution-humanitarian-relief-kits
[59] https://internationalmedicalcorps.org/emergency-response/venezuela-earthquakes/



Figura 14-9. Puesto sanitario provisional de la Cruz Roja en La Guaira, donde voluntarios y personal médico ofrecen consultas de emergencia y primeros auxilios a las personas afectadas por los terremotos.

14.3.4 Informes sobre poblaciones vulnerables

Durante el primer mes de la respuesta, los informes de diferentes organizaciones coincidieron en que el impacto de los terremotos fue particularmente grave para ciertos grupos de población que ya se encontraban en situaciones vulnerables antes del evento, incluidos niños y adolescentes, mujeres embarazadas y mujeres en edad reproductiva, adultos mayores, personas con discapacidades y personas con enfermedades crónicas.[60, 61] La combinación de daños estructurales a viviendas, escuelas y hospitales, interrupciones en los servicios básicos y desplazamientos forzados creó patrones de riesgo distintos dentro de la misma área afectada.[60, 62] En consecuencia, varios informes y medios de comunicación —algunos de los cuales se describen a continuación— se centraron en cuantificar, informar y ayudar a ciertos grupos vulnerables dentro de la población.

Uno de estos grupos vulnerables son los niños y adolescentes. Para este grupo, el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) estimó que cientos de miles de niños necesitaban asistencia humanitaria inmediata, mientras que se reportaron graves daños en escuelas del Distrito Capital y otros estados afectados, lo que llevó a la suspensión de clases y al uso de algunas instalaciones educativas como refugios temporales.[60] Al mismo tiempo, la Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja (FICR) documentó la presencia de niños y adolescentes no acompañados o separados de sus cuidadores en instalaciones

[60] https://reliefweb.int/report/venezuela-bolivarian-republic/unicef-venezuela-humanitarian-situation-report-no2-earthquake-27-june-2026
[61] https://www.unfpa.org/resources/flash-update-earthquakes-venezuela-24-26-june-2026
[62] https://reliefweb.int/report/venezuela-bolivarian-republic/venezuela-health-cluster-earthquakes-situation-report-2-27-june-2026-enes

de salud y centros de acogida, destacando la falta inicial de un sistema unificado para su registro y seguimiento y la necesidad urgente de activar vías de protección especializadas.[63]

Por su parte, el Fondo de Población de las Naciones Unidas (UNFPA) advirtió sobre el impacto específico en las mujeres y las niñas, en particular en las decenas de miles de mujeres embarazadas afectadas y en las mujeres en edad reproductiva que sufrieron interrupciones en la atención prenatal, obstétrica y de planificación familiar. Los informes indican que el hacinamiento, la pérdida de privacidad y el colapso de las redes de apoyo comunitario en los refugios y asentamientos temporales aumentaron los riesgos de violencia de género y la necesidad de servicios de salud sexual y reproductiva como intervenciones que salvan vidas desde las primeras etapas de la emergencia.[61]

La información sobre adultos mayores y personas con discapacidad es menos sistemática, pero tanto la FICR como los mecanismos nacionales de protección reconocieron explícitamente a estos grupos como categorías de alta prioridad para la asistencia, especialmente cuando eran jefes de familia con hijos o dependían de un tratamiento continuo para enfermedades crónicas.[63, 64] Los testimonios documentados por organizaciones de la sociedad civil y medios especializados ilustran cómo las limitaciones de movilidad, sensoriales o cognitivas dificultaron la evacuación rápida durante el terremoto y afectaron la forma en que estas personas pudieron acceder a ayuda, refugio y servicios básicos en los días posteriores al evento.[65]Las evaluaciones rápidas realizadas en La Guaira y otras zonas gravemente afectadas también describen un colapso temporal de la red de servicios de salud, con una interrupción total o casi total de la infraestructura sanitaria en algunas zonas, lo que complicó aún más la continuidad de la atención para las personas con afecciones preexistentes.[62]

14.4 Referencias

Cardona, O., Marulanda, M., Marulanda, P., Bernal, G., Carreño, M., Villegas, C., … Maskrey, A. (2023). Multi-hazard Disaster Risk Model of Infrastructure and Buildings at the Global Level [Modelo de riesgo de desastres multiamenaza para infraestructuras y edificios a nivel mundial]. INGENIAR: Risk Intelligence for the CDRI Flagship Report [INGENIAR: Inteligencia de riesgos para el informe insignia del CDRI]. Recuperado de https://giri.unepgrid.ch/sites/default/files/2023-11/2.4-INGENIAR-CDRI-Background-Report-Risk-model.pdf

De Bono, A. y Chatenoux, B. (2014). A global exposure model for GAR 2015 [Un modelo de exposición global para GAR 2015]. Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNDRR). Recuperado de https://www.undrr.org/publication/global-exposure-model-gar-2015

OCHOA 2026. https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNTViYzFkNDAtODQ1YS00NDU4LThhMjEtYm

[63] https://www.ifrc.org/emergency/venezuela-earthquake-2026
[64] https://reliefweb.int/report/venezuela-bolivarian-republic/earthquakes-venezuela-situation-report-16-09-july-2026-time-0900-pm
[65] https://www.palabranahj.org/archive/living-through-the-earthquakes-in-venezuela-with-a-disability-fleeing-is-not-the-same-for-everyone

E3OTIzMTYxNTkzIiwidCI6IjBmOWUzNWRiLTU0NGYtNGY2MC1iZGNjLTVlYTQxNmU2ZGM3MCIsImMiOjh9

Ordaz, M., Salgado-Gálvez, M., & Giraldo, S. (2021). R-CRISIS: 35 years of continuous developments and improvements for probabilistic seismic hazard analysis [R-CRISIS: 35 años de desarrollo y mejoras continuas en el análisis probabilístico del riesgo sísmico]. Bulletin of Earthquake Engineering, 19, 2792–2816. https://doi.org/10.1007/s10518-021-01098-w

Salgado-Gálvez, M., Ordaz, M., Krishna, S., Darío, O., Reinoso, E., Aguado, A., … Bernal, G. (2019). Nuevo modelo probabilista de amenaza sísmica para América Latina y el Caribe – ASLAC. Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica. Cali, Colombia. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/333517167_Nuevo_modelo_probabilista_de_amenaza_sismica_para_America_Latina_y_el_Caribe_-_ASLAC

Salgado-Gálvez, M., Bernal, G., Garay, O., Ordaz, M., & Darío, O. 2026. Analytical Estimate of Damages Caused by the June 24, 2026 Earthquakes in Venezuela [Estimación analítica de los daños causados por los terremotos del 24 de junio de 2026 en Venezuela]. Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres: https://www.undrr.org/publication/documents-and-publications/analytical-estimate-damages-caused-june-24-2026-earthquakes

USGS. (27 de julio de 2026). Earthquake Hazards Program: PAGER [Programa de Riesgos Sísmicos: PAGER]. Recuperado de https://earthquake.usgs.gov/data/pager/

APÉNDICE A

Edificios derrumbados versus edificios dañados en Caracas (ejemplos)



Figura 14-10. Hospital Dr. Francisco A. Risquez (a) Antes de los terremotos de Periódico CiudadCCS, (b) después de los terremotos de las redes sociales, (c) Imágenes aéreas de Google Earth con fecha del 21 de diciembre de 2025 (10.51615922°, -66.90547798°).

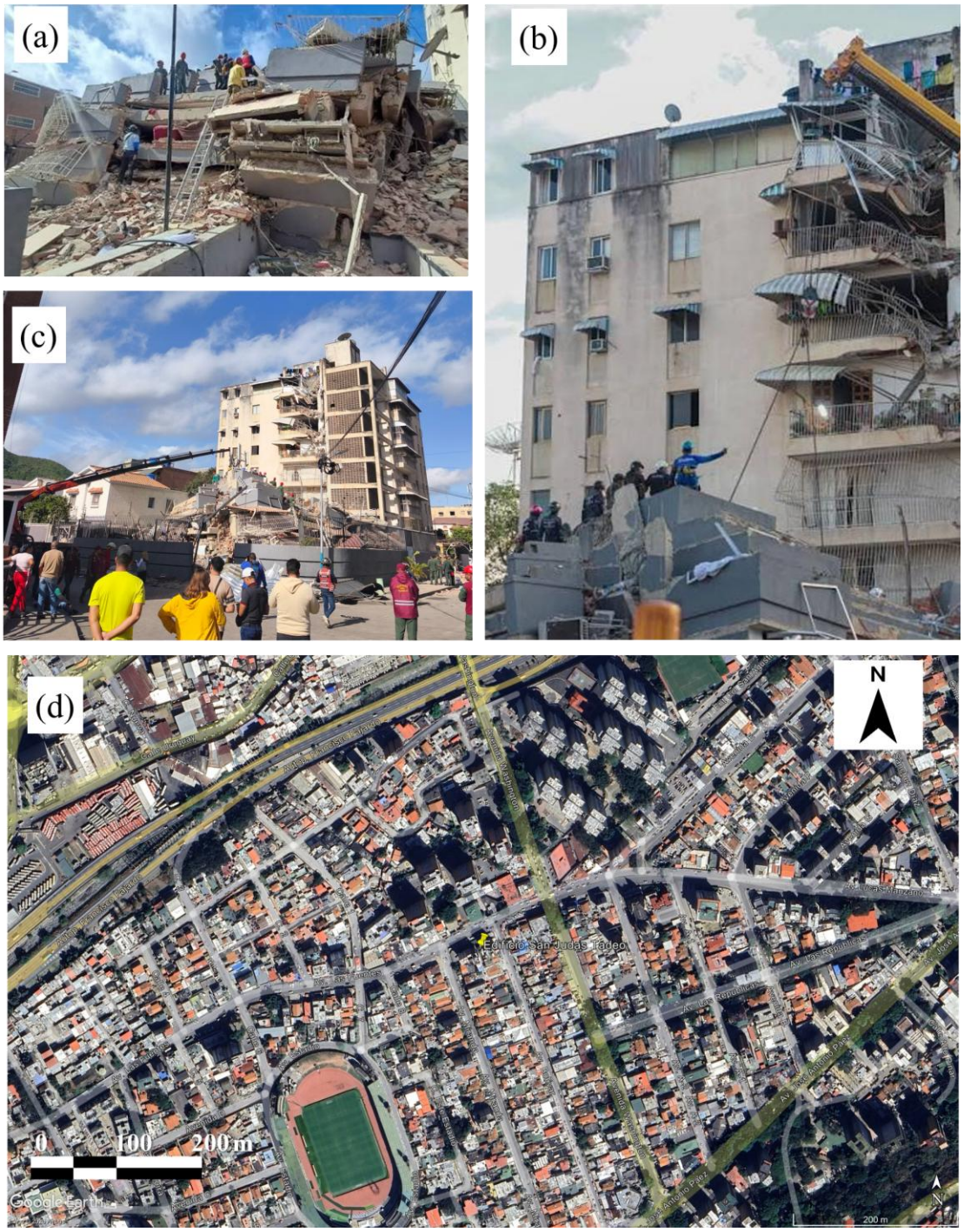


Figura 14-11. Edificio San Judas Tadeo (a) – (c) Después de los terremotos de las redes sociales, (d) Imágenes aéreas de Google Earth con fecha del 3 de enero de 2026 (coordenadas: 10.48525157°, -66.94035304°).

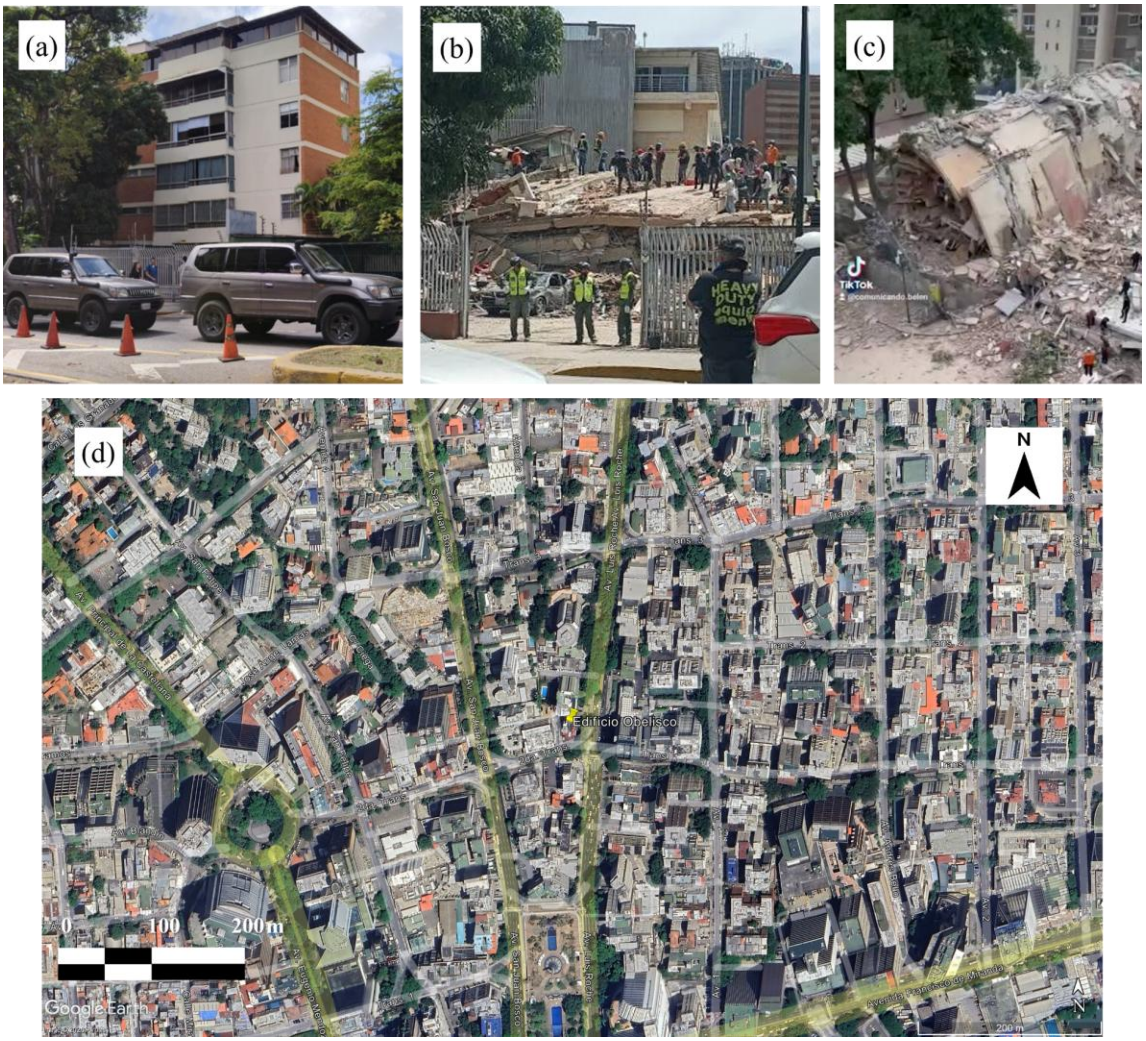


Figura 14-12. Edificio Obelisco (a) Antes de los terremotos de Google Earth, (b) – (c) después de los terremotos de las redes sociales, (d) Imágenes aéreas de Google Earth con fecha del 13 de mayo de 2024 (coordenadas: 10.49896165°, -66.84871364°).



Figura 14-13. Edificio Don Pepe (a) – (c) Después de los terremotos de las redes sociales, (d) Imágenes aéreas de Google Earth con fecha del 5 de mayo de 2024 (coordenadas: 10.492412°, -66.853523°).

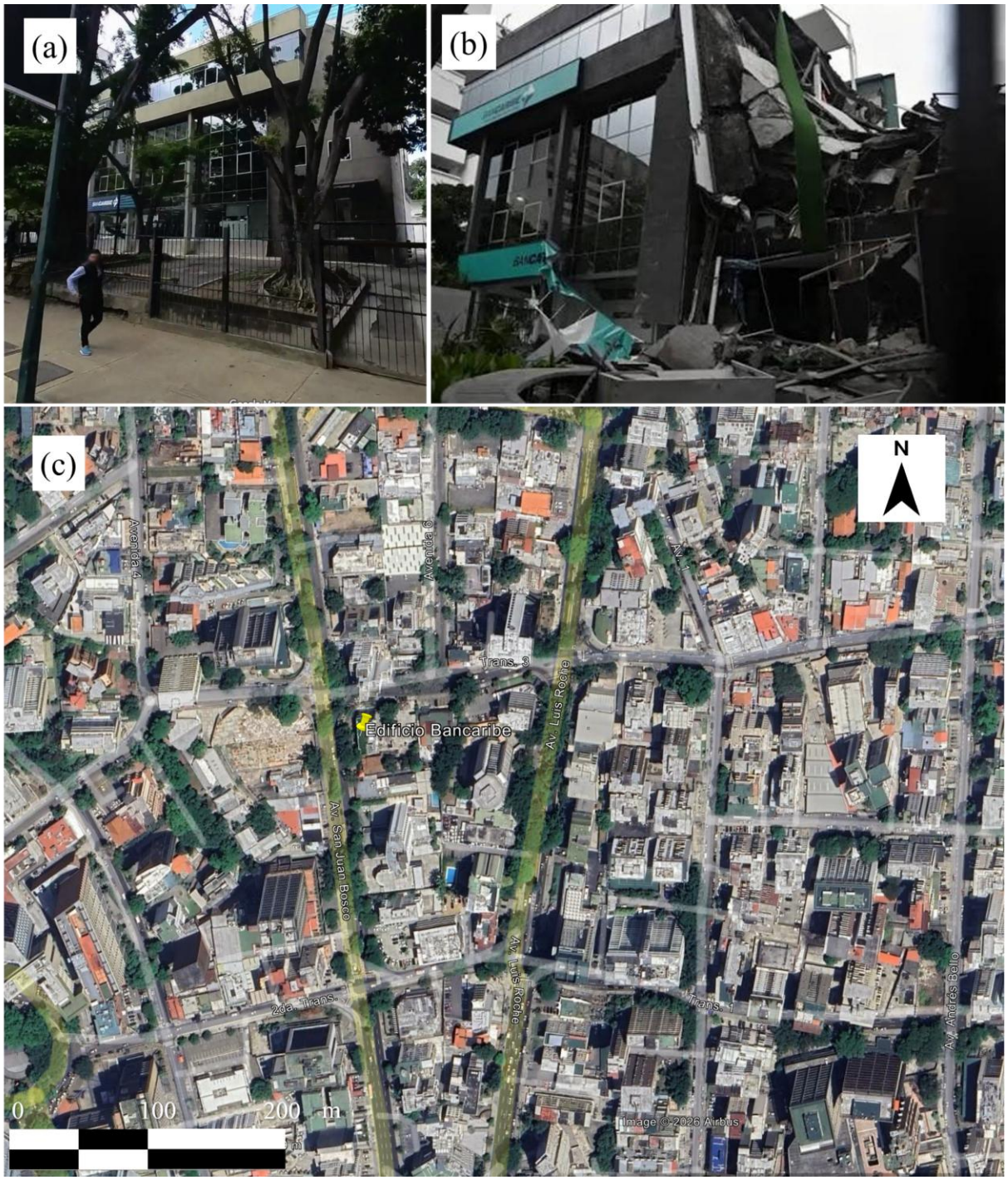


Figura 14-14. Edificio BanCaribe (a) Antes de los terremotos de Google Earth, (b) después de los terremotos de las redes sociales, (c) Imágenes aéreas de Google Earth con fecha del 13 de mayo de 2024 (coordenadas: 10.5001565°, -66.8496062°).



Figura 14-15. Bloque 5 Pinto de Salinas (a) – (c) Después de los terremotos de las redes sociales, (d) Imágenes aéreas de Google Earth con fecha del 13 de mayo de 2024 (coordenadas: 10.5110282°, -66.886817°).

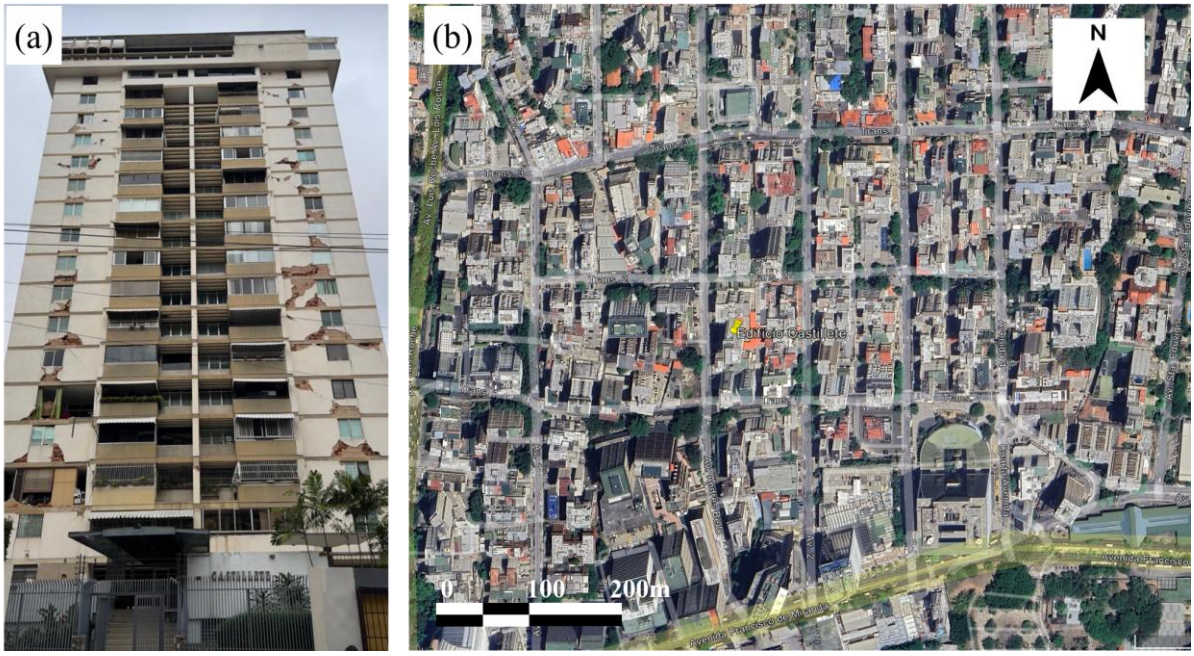


Figura 14-16. Edificio Castillete (a) Después de los terremotos de las redes sociales, (b) Imágenes aéreas de Google Earth con fecha del 13 de mayo de 2024 (coordenadas: 10.49918999°, -66.84532625°)

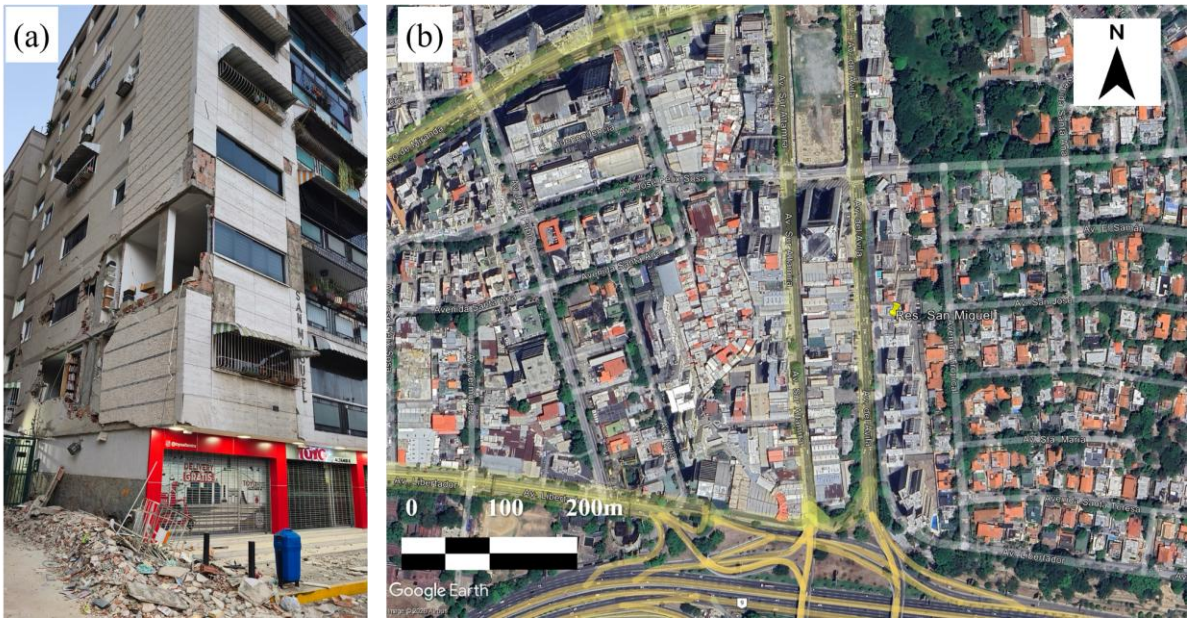


Figura 14-17. Edificio San Miguel (a) Después de los terremotos de las redes sociales, (b) Imágenes aéreas de Google Earth con fecha del 13 de mayo de 2024 (coordenadas: 10.49200224°, -66.84799166°)



Figura 14-18. Edificio Padula (a) Después de los terremotos de las redes sociales, (b) Imágenes aéreas de Google Earth con fecha del 13 de mayo de 2024 (coordenadas: 10.49041086°, -66.85042528°).

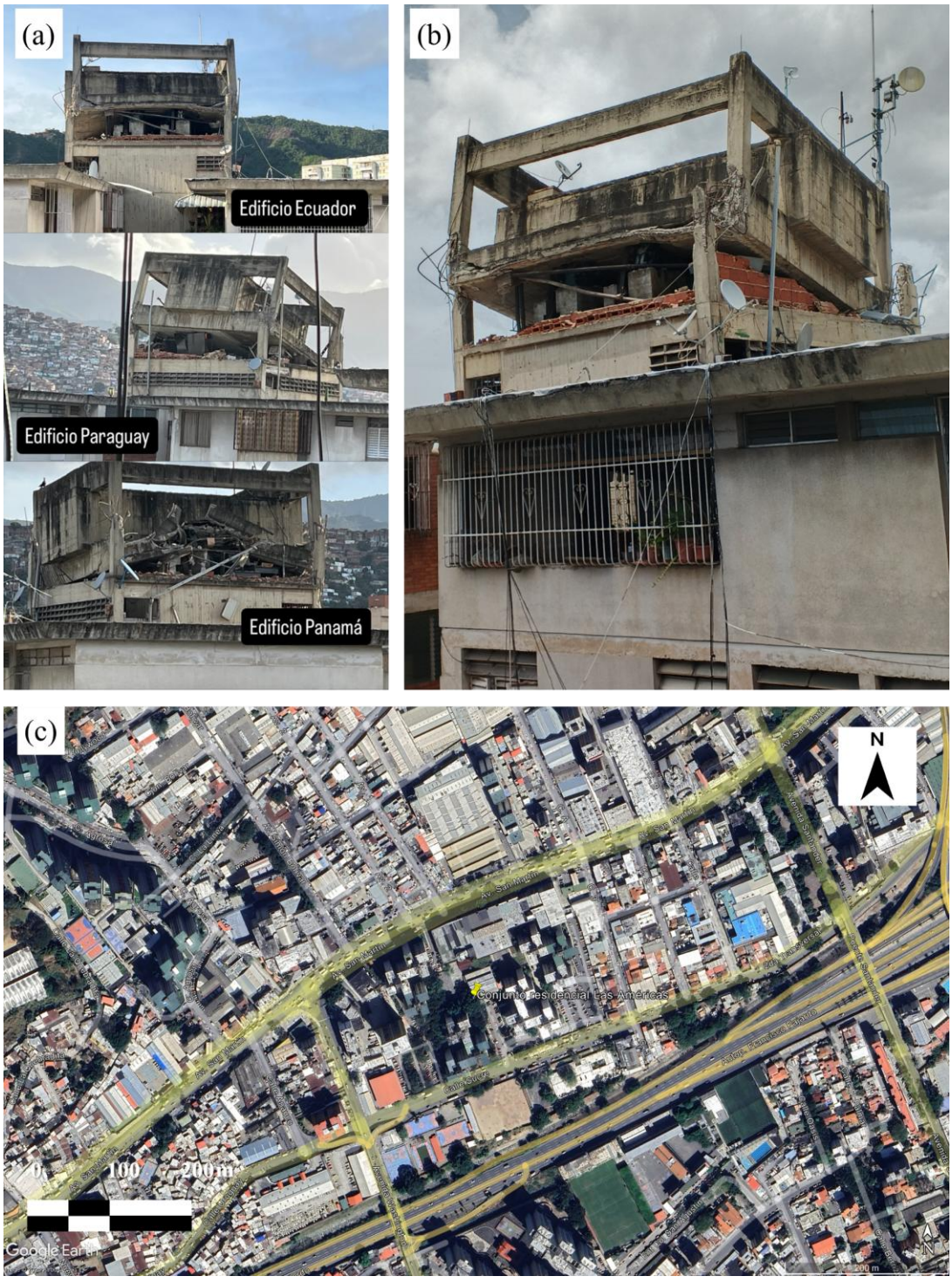


Figura 14-19. Conjunto Residencial Las Américas Edificios (a) – (b) Después de los terremotos de las redes sociales, (c) Imágenes aéreas de Google Earth con fecha del 22 de marzo de 2024 (coordenadas: 10.4907061°, -66.9396332°)

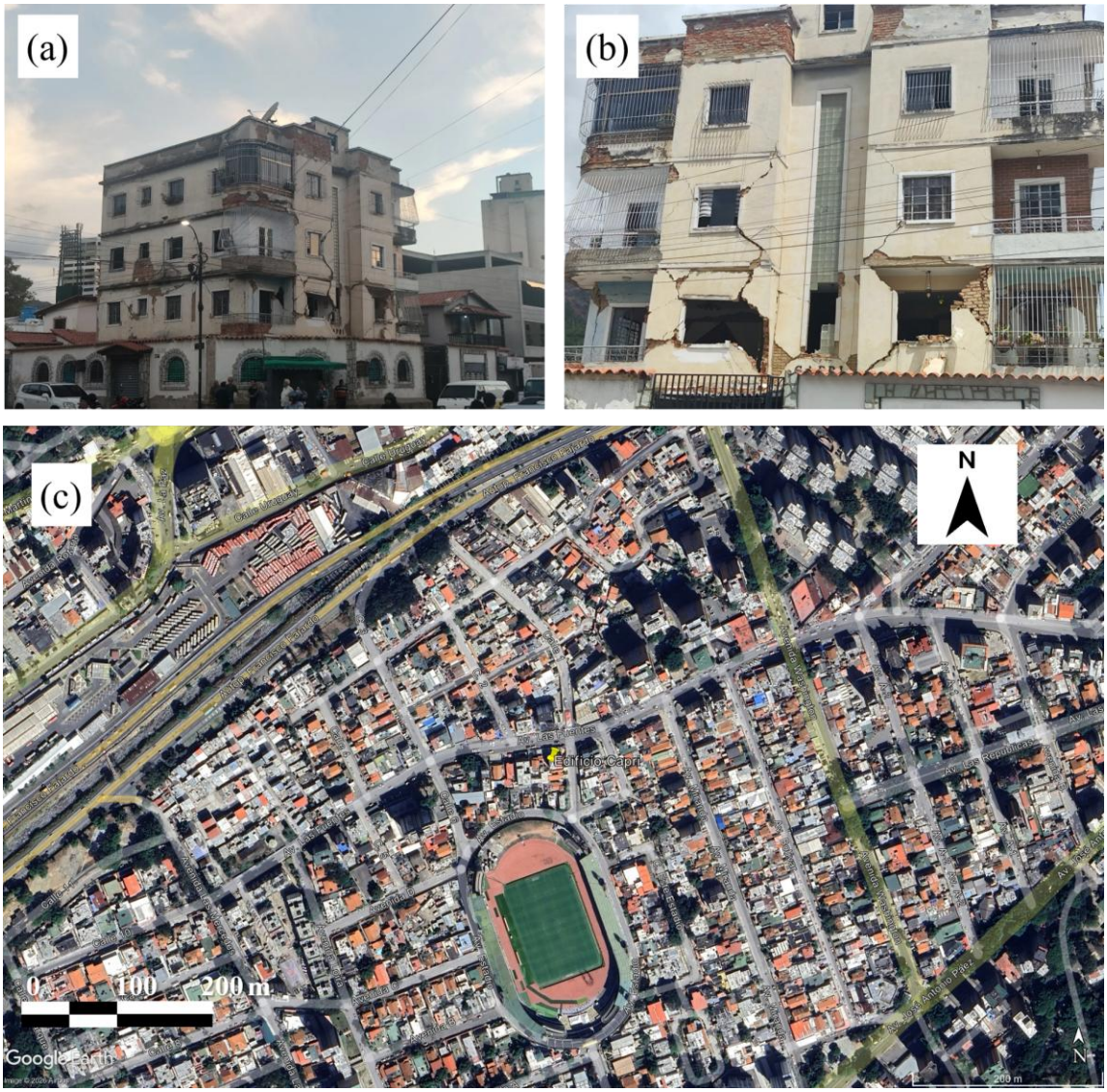


Figura 14-20. Edificios de Capri (a) – (b) Después de los terremotos de las redes sociales, (c) Imágenes aéreas de Google Earth con fecha del 5 de febrero de 2025 (coordenadas: 10.48464819°, -66.94188545°).



Figura 14-21. Edificio Sorocaima (a) – (c) Después de los terremotos de las redes sociales, (c) Imágenes aéreas de Google Earth con fecha del 21 de diciembre de 2025 (coordenadas: 10.5107683°, -66.9007435°).

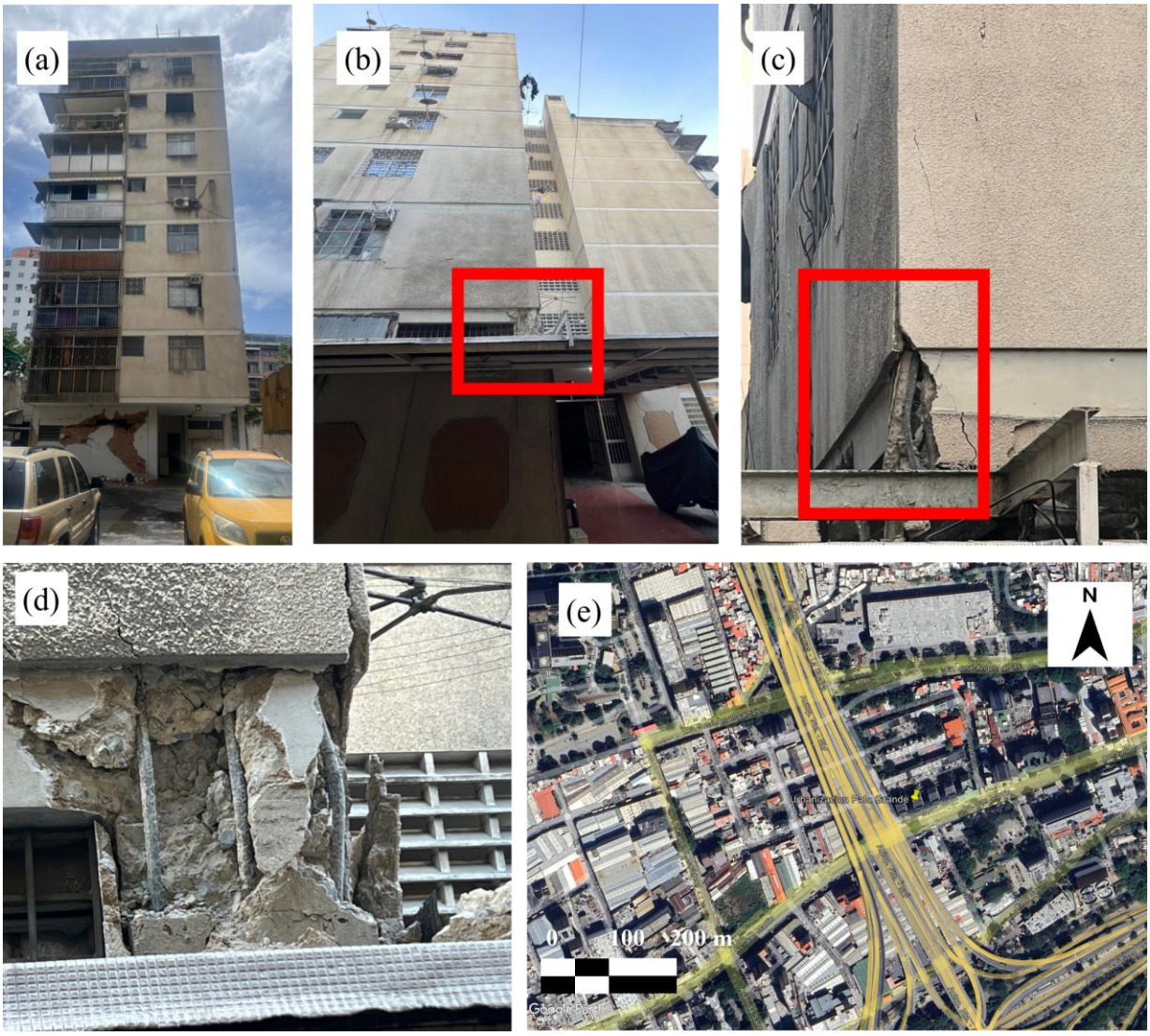


Figura 14-22. Urbanización Palo Grande Building (a) – (d) Después de los terremotos de las redes sociales, (c) Imágenes aéreas de Google Earth con fecha del 5 de febrero de 2025 (coordenadas: 10.495449°, -66.933783°)



Figura 14-23. Iglesia de Las Mercedes (a) Antes de los terremotos de Google Earth, (b) después de los terremotos de las redes sociales, (c) Imágenes aéreas de Google Earth con fecha del 13 de mayo de 2024 (coordenadas: 10.510401°, -66.9141653°)



Figura 14-24. Urbanización La Esperanza Edificio (a) Antes de los terremotos de Google Earth, (b) después de los terremotos de las redes sociales, (c) Imágenes aéreas de Google Earth con fecha del 5 de febrero de 2025 (coordenadas: 10.49683279°, -66.95569754°).