

ENSAYO - EDITORIAL BOLETÍN N° 72 ANIH EDICIÓN ESPECIAL 2026

LOS TERREMOTOS DEL 24 DE JUNIO DE 2026 EN VENEZUELA: CARACTERIZACIÓN DEL EVENTO, RESPUESTA DEL HÁBITAT CONSTRUIDO Y LECCIONES PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO

Wagdi NAIME

Tabla de contenido

Resumen	8
1. Introducción	8
1.1. Contexto y propósito	8
1.2. Metodología y organización	9
1.3. El evento del 24 de junio de 2026: visión de conjunto.....	9
2. Sismotectónica, geodinámica y amenaza sísmica.....	10
2.1. Marco geodinámico y tectónico regional	10
2.2. Sismicidad histórica y caracterización de la fuente.....	14
2.3. Geología local y efectos de sitio	17
3. Respuesta estructural, respuesta de sitio, aspectos geotécnicos y normativa sismorresistente.....	21
3.1. Daños, mecanismos de falla y evaluación del desempeño estructural	21
3.1.1. Mecanismos de daño y vulnerabilidades estructurales.....	21
3.1.2. Evaluación masiva de daños y desempeño por tipología estructural	26
3.2. Normativa sismorresistente y control de calidad.....	28
3.3. Respuesta de sitio e interacción suelo-estructura.....	35
3.4. Aspectos geotécnicos.....	42
3.4.1. Deformación del terreno y ruptura de superficie	42
3.4.2. Licuación y deformación permanente del terreno	46
3.4.3. Efectos en taludes y laderas.....	49
4. Servicios públicos y obras de mitigación.....	50
4.1. Accesos, movilidad y servicios públicos.....	50
4.2. Presas, obras hidráulicas y control de torrentes	53
5. Gestión integral del riesgo, respuesta rápida y planificación territorial.....	55
5.1. Vulnerabilidad territorial y respuesta al evento	55
5.2. Marco institucional y planificación territorial.....	58
6. Dimensión social, educativa, histórico-cultural y economía del riesgo	62
6.1. Cultura, patrimonio y memoria del riesgo.....	62
6.2. Educación y gobernanza del riesgo.....	64
6.3. Impactos humanos, económicos y protección financiera.....	66
7. Discusión.....	69
Caracterización del evento y la fuente sísmica	69
7.1. La naturaleza de la ruptura y la falla de Bruscas	69
7.2. La recurrencia secular y la memoria sísmica	70
7.3. La geología local y los efectos de sitio	70
Respuesta estructural y geotécnica.....	71
7.4. Los mecanismos de daño y la calidad de la construcción	71
7.5. La normativa sismorresistente y la instrumentación sísmica	71
7.6. La licuación, la interacción suelo-estructura y la respuesta de sitio.....	72
Infraestructura, servicios y gestión del riesgo.....	72
7.7. La resiliencia de la infraestructura y la interdependencia de las líneas de vida.....	72
7.8. La gestión del riesgo y la reconstrucción	73
7.9. La dimensión social, cultural y económica.....	73
7.10. La dimensión cultural y patrimonial del riesgo	73
7.11. La educación y la preparación ciudadana	74
7.12. La gobernanza y la organización social.....	74
7.13. La dimensión económica y la protección financiera	74
7.14. La dimensión humana de la recuperación	74
8. Conclusiones.....	74
8.1. Sobre la caracterización del evento.....	74
8.2. Sobre la respuesta estructural y geotécnica.....	75
8.3. Sobre la infraestructura, los servicios y la gestión del riesgo	75
8.4. Sobre la dimensión social, educativa, cultural y económica	76
8.5. Lecciones aprendidas.....	76
8.5.1. La recurrencia de los eventos es un dato de diseño, no una posibilidad remota	76
8.5.2. El conocimiento técnico existía, pero no se tradujo en medidas preventivas	76
8.5.3. La calidad de la construcción es tan determinante como el diseño.....	77
8.5.4. La interdependencia de las líneas de vida amplifica los efectos del evento.....	77
8.5.5. La gobernanza del riesgo requiere continuidad institucional.....	77
8.5.6. La reconstrucción es una oportunidad para cerrar las brechas identificadas	77
8.5.7. La protección financiera es una condición de la resiliencia	77
Referencias	78

Resumen

El 24 de junio de 2026, dos sismos principales separados por aproximadamente 30 a 40 segundos afectaron el centro-norte de Venezuela. El primero, de magnitud Mw 7,2, con epicentro en el estado Yaracuy, asociado al sistema de fallas de Boconó. El segundo, de magnitud Mw 7,5, con epicentro en el mar Caribe, frente a la costa del estado La Guaira, asociado al sistema de fallas de San Sebastián y, según la identificación que se documenta en este ensayo, a la falla de Bruscas. La secuencia afectó un tramo de aproximadamente 200 a 250 km del límite de placas Caribe-Sudamérica y produjo los daños más devastadores en el estado La Guaira, el valle de Caracas y otras regiones del centro-norte del país.

Este número especial del Boletín de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat está dedicado al terremoto del 24 de junio de 2026 y a la gestión de riesgos. Se publica a los tres meses del evento, cuando la documentación de daños y el procesamiento de datos aún están en curso. El Boletín reúne 25 trabajos de autores venezolanos y el informe del Grupo GEER, que comprende 14 capítulos. Este ensayo integra todos esos materiales en una visión de conjunto del evento, sus efectos y las lecciones que deben extraerse para la gestión integral del riesgo de desastres en Venezuela.

El ensayo se organiza en cinco secciones temáticas, una discusión y unas conclusiones: la caracterización física del evento, la respuesta estructural y geotécnica, los servicios públicos y las obras de mitigación, la gestión integral del riesgo, la dimensión social, educativa, jurídica, histórico-cultural y económica, y una discusión que articula los hallazgos de todas las secciones. La caracterización de la fuente sísmica documenta una ruptura multifocal con propagación de oeste a este, la identificación de la falla de Bruscas como estructura asociada al segundo evento, y la posibilidad de un régimen super-shear con superposición de ondas. La recurrencia secular de los grandes terremotos está documentada por la coincidencia entre las intensidades máximas registradas en 2026 y las estimadas para los terremotos de 1812 y 1900.

La respuesta estructural y geotécnica documenta mecanismos de daño recurrentes, piso blando, columna corta, fallas de confinamiento y solape, corrosión, mampostería sin confinamiento, cuya persistencia después de más de cinco décadas de desarrollo normativo plantea la necesidad de revisar los criterios de diseño y evaluación. La calidad de la construcción y el control de calidad emergen como factores críticos en la explicación de los colapsos, aunque la atribución causal precisa requiere investigaciones forenses adicionales. La respuesta de sitio y los efectos locales explican la heterogeneidad de los daños por efectos de depósitos sedimentarios blandos y por efectos topográficos. La licuación y la deformación permanente del terreno afectaron a las edificaciones y la infraestructura en las zonas costeras bajas y en los abanicos aluviales. La interacción suelo-cimentación-estructura fue un factor determinante en la respuesta diferenciada de las edificaciones.

La infraestructura de servicios y de transporte presentó un desempeño heterogéneo. La interdependencia entre el sistema

eléctrico y las redes de telecomunicaciones generó bucles destructivos en cascada que amplificaron los efectos del evento. La gestión del riesgo se ha caracterizado por una brecha persistente entre el conocimiento técnico disponible y las decisiones de inversión pública. La respuesta institucional demostró que el país cuenta con la capacidad técnica para organizar una evaluación masiva de daños, pero la gestión del riesgo requiere una estrategia integral que articule la microzonificación, la revisión normativa, la instrumentación sísmica, la evaluación de las obras de mitigación y la planificación local.

La dimensión cultural del riesgo comprende las representaciones sociales, las prácticas religiosas y los imaginarios colectivos que las comunidades han construido para interpretar y enfrentar los terremotos. La educación sísmica y la preparación ciudadana son condiciones de la efectividad de las medidas técnicas. La gobernanza del riesgo exige una transición desde el modelo clásico burocrático hacia un paradigma que involucre horizontalmente al Estado, la sociedad civil y el sector privado. La ausencia de protección financiera previa agravó el impacto económico del desastre. La dimensión humana de la recuperación condiciona la viabilidad de cualquier plan de reconstrucción.

El evento del 24 de junio de 2026 deja siete lecciones aprendidas que abarcan la recurrencia de los eventos, la brecha entre el conocimiento y la acción, la calidad de la construcción, la interdependencia de las líneas de vida, la dimensión social y política de la gestión del riesgo, la protección financiera y la reconstrucción como oportunidad para cerrar las brechas identificadas. La gestión integral del riesgo de desastres en Venezuela requiere articular la caracterización física del evento, la respuesta estructural y geotécnica, la resiliencia de la infraestructura, la gestión del riesgo y la dimensión social, educativa, cultural y económica. La reconstrucción de La Guaira y del litoral central ofrece una oportunidad para cerrar las brechas identificadas, pero solo si la planificación incorpora explícitamente las lecciones del evento y garantiza su implementación, su financiamiento y su continuidad en el tiempo.

El ensayo se organiza en cinco secciones temáticas, una discusión y unas conclusiones que articulan los hallazgos de todos los trabajos.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Contexto y propósito

El evento del 24 de junio de 2026 consistió en dos sismos principales separados por aproximadamente 30 a 40 segundos. El primero, de magnitud Mw 7,2, nucleó en el estado Yaracuy, en el sistema de fallas de Boconó. El segundo, de magnitud Mw 7,5, se originó en el mar Caribe, frente a la costa de La Guaira, en el sistema de fallas de San Sebastián y en la falla de Bruscas. La secuencia afectó un tramo de aproximadamente 200 a 250 km del límite de placas Caribe-Sudamérica. Los daños más devastadores se produjeron en el estado La Guaira, el valle de Caracas y otras regiones del centro-norte del país.

El evento no fue inesperado desde el punto de vista tectónico. La región está sujeta a rupturas multifocales de magnitud elevada con recurrencia secular, como lo demuestra la comparación con los sismos de 1812 y 1900. Tampoco fue inesperado desde el punto de vista de la vulnerabilidad: las vulnerabilidades identificadas en estudios previos se manifestaron durante el evento. El terremoto evidenció la magnitud de las brechas entre el conocimiento técnico disponible y las decisiones de inversión pública, entre la normativa vigente y su aplicación efectiva, y entre la capacidad de respuesta del Estado y las necesidades de la población afectada. Esta brecha entre el conocimiento técnico disponible y las decisiones de inversión pública, entre la normativa vigente y su aplicación efectiva, y entre la capacidad de respuesta del Estado y las necesidades de la población afectada constituye el problema central que este ensayo busca documentar y analizar.

Este número especial del Boletín de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat está dedicado al terremoto del 24 de junio de 2026 y a la gestión de riesgos. Se publica a los tres meses del evento. El Boletín reúne 25 trabajos de autores venezolanos y el informe del Grupo GEER (Geotechnical Extreme Events Reconnaissance), que comprende 14 capítulos. Este ensayo integra todos esos materiales en una visión de conjunto del evento, sus efectos y las lecciones que deben extraerse para la gestión integral del riesgo de desastres en Venezuela. El ensayo no sustituye a los trabajos originales, los articula y los interpreta con una perspectiva integrada.

1.2. Metodología y organización

El ensayo se organiza en cinco secciones temáticas y una discusión final. Cada sección agrupa los trabajos que comparten un mismo objeto de análisis.

La primera sección, Sismotectónica, geodinámica y amenaza sísmica, aborda la caracterización física del evento: la geodinámica regional, la sismicidad histórica, la física de la fuente, la geología local y los efectos de sitio. La segunda sección, Respuesta estructural, respuesta de sitio, aspectos geotécnicos y normativa sismorresistente, analiza los daños y mecanismos de falla en edificaciones, la calidad de la construcción, el comportamiento del suelo y la interacción suelo-estructura. La tercera sección, Servicios públicos y obras de mitigación, documenta el desempeño de los accesos, la movilidad, los servicios públicos, las presas y las obras hidráulicas. La cuarta sección, Gestión integral del riesgo, respuesta rápida y planificación territorial, examina la vulnerabilidad territorial, la respuesta institucional y el marco legal de la gestión del riesgo. La quinta sección, Dimensión social, educativa, jurídica, histórico-cultural y economía del riesgo, aborda las representaciones culturales, la educación ciudadana, la gobernanza, la protección financiera y la dimensión humana de la recuperación. La Discusión articula los hallazgos de todas las secciones en torno a temas transversales que permiten interpretar el evento con una perspectiva de conjunto.

1.3. El evento del 24 de junio de 2026: visión de conjunto

La secuencia sísmica del 24 de junio de 2026 consistió en dos eventos principales. El primero, de magnitud Mw 7,2, nucleó

en la falla de Boconó, en el estado Yaracuy, a profundidades de 20 a 27 km. El segundo, de magnitud Mw 7,5, ocurrió aproximadamente 30 a 40 segundos después, con epicentro en el mar Caribe, frente a la costa de La Guaira, a profundidades someras de aproximadamente 10 km, asociado a la falla de San Sebastián y a la falla de Bruscas. La ruptura se propagó de oeste a este a lo largo de un tramo de aproximadamente 200 a 250 km del límite de placas Caribe-Sudamérica.

La caracterización de la fuente sísmica ha generado un debate terminológico. Se ha propuesto el término "sismo multifocal" o "secuencia multi-eventual" para describir la nucleación en el primer evento y la propagación hacia el este hasta liberar el grueso del momento sísmico en el segundo. Otros trabajos emplean el término "doblete sísmico". La diferencia terminológica no afecta la caracterización física del evento, que es consistente en todos los trabajos. A lo largo de este ensayo se emplean las expresiones de acuerdo a los usos de los autores reseñados y no implica desacuerdo sobre la caracterización física del evento, que es consistente en todos los trabajos. El debate terminológico completo se desarrolla en el apartado 2.1 y se retoma en la Discusión (7.1).

La severidad del evento no se explica únicamente por su magnitud. La posibilidad de un régimen super-shear y de una superposición de ondas ha sido planteada como un factor que pudo amplificar la destructividad del movimiento. La falla de Bruscas emerge como una estructura clave en la caracterización del evento, y su identificación como falla asociada al segundo evento plantea la necesidad de incorporarla en los mapas de amenaza sísmica y en la normativa sismorresistente.

La recurrencia secular de los grandes terremotos en Venezuela norcentral condiciona la forma en que las comunidades perciben y enfrentan la amenaza. Las intensidades máximas registradas en 2026 coinciden con las estimadas para los terremotos de 1812 y 1900, lo que confirma la recurrencia secular de eventos de magnitud elevada en la región. La recurrencia no es solo sísmica: los aludes torrenciales en La Guaira han ocurrido en 1999, 2005, 2010, 2011 y 2022, y la combinación de ambas recurrencias configura un escenario de riesgo compuesto.

Las cifras que se presentan a continuación provienen de la evaluación masiva de daños coordinada por el Comité Técnico Asesor del Terremoto (López et al., 2026), cuyo detalle metodológico se desarrolla en el apartado 5.2. Los daños se concentraron en el estado La Guaira, con 5.490 edificaciones con Etiqueta Roja de un total de 17.264 evaluadas, equivalente al 31,8% del total inspeccionado en esa entidad. La evaluación masiva de daños documentó 63.070 edificaciones inspeccionadas a nivel nacional, de las cuales 18% recibieron Etiqueta Roja y 24% Etiqueta Amarilla, con 1.529 colapsos totales o parciales. Los mecanismos de daño observados fueron recurrentes y ya habían sido identificados en terremotos anteriores. Su persistencia plantea la necesidad de revisar los criterios de diseño, del control de calidad y supervisión.

La infraestructura vital presentó un desempeño heterogéneo. La Autopista Caracas-La Guaira resistió sin daños importantes, mientras que la Carretera Panamericana colapsó por

derrumbes. El Aeropuerto Internacional Simón Bolívar sufrió daños graves y suspendió operaciones. El Puerto de La Guaira vio interrumpidas sus cadenas logísticas. Las presas de suministro de agua y las presas de control de sedimentos no mostraron daños estructurales significativos atribuibles al terremoto, aunque su capacidad operativa está comprometida por condiciones preexistentes. El acoplamiento entre el sistema eléctrico y las redes de telecomunicaciones produjo fallas en cascada que agravaron los efectos del evento.

La gestión del riesgo ha mantenido una brecha persistente entre el conocimiento técnico y las decisiones de inversión pública. La microzonificación sísmica, aunque desarrollada en varias ciudades del país, no se ha convertido en ordenanzas vinculantes en todos los casos. La normativa sismorresistente, aunque ha evolucionado desde 1939, no ha incorporado plenamente los criterios de campo cercano, directividad y carga secuencial. La evaluación de las obras de mitigación construidas tras los deslaves de 1999 revela que muchas han perdido su capacidad protectora por falta de mantenimiento sistemático. La calidad de la construcción, especialmente a partir de 1980, presenta deficiencias significativas que no fueron detectadas ni corregidas por los mecanismos de supervisión existentes.

La dimensión social, educativa, cultural y económica del riesgo añade componentes que no pueden reducirse a la reposición de infraestructura. Las representaciones sociales, las prácticas religiosas y los imaginarios colectivos condicionan la percepción del riesgo. La educación sísmica y la preparación ciudadana son condiciones de la efectividad de las medidas técnicas. La gobernanza del riesgo exige una transición desde el modelo clásico burocrático hacia un paradigma que involucre horizontalmente al Estado, la sociedad civil y el sector privado. La ausencia de protección financiera previa agravó el impacto económico del desastre y trasladó las pérdidas privadas hacia las finanzas públicas.

El ensayo integra estos hallazgos con una perspectiva de conjunto. Los articula y los interpreta para extraer las lecciones que deben guiar la reconstrucción de La Guaira y del litoral central, y la gestión integral del riesgo de desastres en Venezuela.

2. SISMOTECTÓNICA, GEODINÁMICA Y AMENAZA SÍSMICA

La caracterización física del evento del 24 de junio de 2026 se articula en torno a múltiples perspectivas complementarias: la geodinámica regional y la tectónica de placas, la sismicidad histórica y la recurrencia de grandes terremotos, la física de la fuente sísmica y los mecanismos de ruptura, la geología local y los efectos de sitio, y la microzonificación sísmica como herramienta de gestión del riesgo. Estas dimensiones permiten caracterizar el evento y sus efectos.

El evento del 24 de junio de 2026 consistió en dos sismos principales separados por aproximadamente 30 a 40 segundos: el primero, de magnitud Mw 7,2, con epicentro en el estado Yaracuy, asociado al sistema de fallas de Boconó, y el segundo, de magnitud Mw 7,5, con epicentro en el mar Caribe, frente a la costa del estado La Guaira, asociado al sistema de fallas de

San Sebastián. La secuencia afectó un tramo de aproximadamente 200 a 250 km del límite de placas Caribe-Sudamérica y produjo los daños más devastadores en el estado La Guaira, el valle de Caracas y otras regiones del centro-norte del país. La caracterización de este evento requiere articular la escala geodinámica regional con la mecánica de fractura en la fuente, las deformaciones de superficie observadas por percepción remota, el comportamiento estadístico de las réplicas y la memoria histórica del territorio.

En el ámbito de la sismotectónica, la geodinámica y la amenaza sísmica, la caracterización del evento se apoya en los aportes sobre la geodinámica regional y la tectónica de placas (Audemard, 2026), la sismicidad histórica y la recurrencia de grandes terremotos (Liñayo et al., 2026), la física de la fuente sísmica y los mecanismos de ruptura (Echezuría, 2026), la geología local y los efectos de sitio (García, 2026), y la microzonificación sísmica como herramienta de gestión del riesgo (Schmitz et al., 2026 y Schmitz, 2026). Los capítulos 3, 4 y 5 del GEER complementan estos aportes con la caracterización del contexto tectónico y geodinámico, el detalle geológico local de las zonas más afectadas y la caracterización de la sismicidad y las propiedades de la fuente sísmica.

2.1. Marco geodinámico y tectónico regional

“Geodinámica y sismotectónica de los sismos del estado La Guaira del 24 de junio de 2026, Venezuela Norcentral: gran ruptura multifocal” (Audemard, 2026) aborda la caracterización sismotectónica del evento desde un marco geodinámico de escala regional que abarca la evolución tectónica del Caribe meridional desde el Cretácico hasta la actualidad. Esta perspectiva de largo plazo sitúa la recurrencia de los grandes terremotos en Venezuela norcentral en el contexto de la evolución tectónica del Caribe.

La síntesis de décadas de investigación sobre la tectónica del Caribe establece el contexto en el que ocurrió el evento (Audemard, 2026). La placa Caribe se desplaza hacia el este con respecto a Suramérica, pero el límite de placas no es una simple falla rumbo-deslizante, sino una amplia zona de deformación transpresional, es decir, que combina movimiento lateral y acortamiento, de más de 100 km de ancho. En esta zona, la deformación se particiona, es decir, se distribuye entre diferentes estructuras: la transcurrencia es acomodada por las fallas mayores, Boconó, San Sebastián y El Pilar, y sus fallas sintéticas, mientras que el acortamiento transversal es distribuido entre fallas inversas y plegamientos activos.

El proceso de indentación-expulsión, es decir, el empuje de un bloque contra otro que, al no poder penetrarlo, es expulsado lateralmente, ha modelado la tectónica de la región: la colisión del bloque del Chocó contra la fachada occidental suramericana indujo la expulsión de los bloques Norandino, Maracaibo y Bonaire hacia el NNE, generando la compleja estructuración en bloques que caracteriza el norte de Venezuela.

La caracterización de la secuencia sísmica del 24 de junio de 2026 como una ruptura multifocal o secuencia multi-eventual se contrapone al término "doblete sísmico", que se considera vago e impreciso (Audemard, 2026). Los eventos ocurrieron

con 30-40 segundos de diferencia: el primero, de Mw 7,2, con epicentro en el estado Yaracuy, a profundidades de 20-27 km, asociado al segmento Boc-e de la falla de Boconó, y el segundo, de Mw 7,5, con epicentro en el mar, al norte del estado La Guaira, a profundidades someras de aproximadamente 10 km, asociado a la falla de Bruscas. La hipótesis es que el primer evento nucleó en la falla de Boconó y se propagó hacia el este. Esa propagación disparó, 39 segundos después, la liberación del grueso del momento sísmico en la falla de San Sebastián, en proximidad a Maiquetía-La Guaira. La propagación avanzó a velocidades de 3,0-3,1 km/s, lo que implica una separación de al menos 120 km entre ambos focos. Esa separación justifica la magnitud del segundo evento y la extensión de la ruptura.

El término "doblete sísmico" se critica por su vaguedad en la literatura sismológica actual. Se propone en su lugar el concepto de "sismo multifocal" o "secuencia multi-eventual". En este modelo, el sismo Mw 7,2 inicia la ruptura y se propaga hacia el este. La propagación encuentra una región del mismo plano de falla muy cargada de energía elástica próxima a la ruptura, que entonces libera el grueso del momento sísmico del sismo de Mw 7,5. Esta propuesta terminológica coexiste con el empleo del término "doblete sísmico" por otros autores, lo que refleja la diversidad de perspectivas en la comunidad científica.

La identificación de la falla de Bruscas como la falla causativa del segundo evento constituye uno de los hallazgos principales de la caracterización del evento (Audemard, 2026). La falla de Bruscas es una falla dextral de orientación aproximada este-oeste, asociada al sistema de fallas de San Sebastián. Había permanecido en un segundo plano en la cartografía neotectónica reciente a pesar de haber sido documentada en la literatura geológica de los años 50. Su rol protagónico en el evento de 2026 se demuestra a partir de su expresión superficial en los depósitos Plio-cuaternarios del Grupo Cabo Blanco, al oeste del sector Mare y en el extremo oriental del cerro Machado. La falla de Bruscas, de cinemática dextral y orientación aproximada E-O, yuxtapone rocas sedimentarias de litología, color y origen contrastantes. Esta característica la hace fácilmente identificable en campo. Su ruptura cosísmica fue discreta en superficie debido a la profundidad del evento, pero es coherente con la geometría de la falla de San Sebastián y con el régimen transpresional de la región. La identificación de esta falla como fuente del evento principal requiere su incorporación en los mapas de amenaza sísmica y en la normativa sismorresistente venezolana.

La identificación de la falla de Bruscas como falla causativa del segundo evento encuentra respaldo en la evidencia de ruptura superficial documentada en el Capítulo 8 del informe GEER (Varela et al., 2026, Cap. 8) y en la caracterización geológica del aeropuerto de Maiquetía (García, 2026 y Carrillo, 2026, Cap. 4). La documentación de los daños en el Aeropuerto Internacional Simón Bolívar de Maiquetía y en el Puerto de La Guaira (Páez-Pumar, 2026) confirma la exposición crítica de la infraestructura vital ubicada en la proximidad de la falla de San Sebastián y de la falla de Bruscas.

El paralelismo entre los sismos de 2026 y los de 1812 se establece a partir de la geometría de ambos eventos

(Audemard, 2026). El sismo del 26 de marzo de 1812, que destruyó Caracas, Barquisimeto y San Felipe, ha sido interpretado como un evento multifocal, con al menos dos focos: uno en el mar, al norte de la costa central, y otro en tierra, en el valle del Yaracuy. Esta geometría es esencialmente la misma que la del evento de 2026. Esa coincidencia sugiere una recurrencia secular de rupturas multifocales en la región.

La generación de tsunamis locales asociados a los sismos de 2026 se documenta con alturas de cresta a seno de ola entre 0,5 y 1,0 m en Gañango, en la zona de Puerto Cabello-Patanemo, y 0,70-1,25 m en la bahía de Choroni (Audemard, 2026). Estas observaciones, obtenidas a partir de videos aficionados y reportes de la compañía nacional de telefonía CONATEL, sugieren que los tsunamis no fueron producidos únicamente por el desplazamiento cosísmico de la falla de San Sebastián, sino que posiblemente involucraron deslizamientos submarinos que comprometieron los tendidos submarinos de fibra óptica. La hipótesis de que la falla de San Sebastián tenga una traza submarina al norte del cerro Machado que, combinada con la falla de Bruscas en tierra, conforme una estructura transpresiva en relevo, un pop-up o push-up, que explique la elevación de las unidades plio-pleistocenas del Grupo Cabo Blanco, requerirá estudios geofísicos marinos para su validación, y plantea la necesidad de evaluar la amenaza de tsunamis en la costa central venezolana.

La caracterización de la secuencia sísmica como una ruptura multifocal confirma que la región está sujeta a rupturas multifocales de magnitud elevada, con magnitudes de Mw 7,2 a 7,5, y con recurrencia secular, como lo demuestra la comparación con 1812. En segundo lugar, identifica la falla de Bruscas como una fuente sismogénica activa que debe ser incorporada en los mapas de amenaza y en la normativa sismorresistente. En tercer lugar, documenta la generación de tsunamis locales, lo que añade una componente de amenaza costera que no puede ser ignorada en la planificación de la reconstrucción de La Guaira y el litoral central. Por último, se destaca la importancia de la microzonificación sísmica como herramienta fundamental para la reconstrucción resiliente. La heterogeneidad de los daños observados en el litoral, atribuida a efectos de sitio, amplificación de ondas, directividad de la energía elástica y procesos de licuación, refuerza la necesidad de caracterizar el comportamiento dinámico de los suelos en las áreas afectadas para guiar la reconstrucción con criterios técnicos sólidos.

La caracterización del evento requiere distinguir con precisión la jerarquía de las estructuras tectónicas involucradas. El sistema de fallas de Boconó, con una extensión de aproximadamente 500 km, constituye la estructura principal del límite de placas en la región norcentral. El sistema de fallas de San Sebastián, con una extensión de aproximadamente 470 km, se desarrolla predominantemente costa afuera, aunque aflora en San Sebastián de Maiquetía. La falla de Bruscas, identificada como la estructura asociada al segundo evento, es una falla dextral de orientación este-oeste que había permanecido en un segundo plano en la cartografía neotectónica reciente. Su rol protagónico en el evento de 2026 se demuestra a partir de su expresión superficial en los

depósitos plio-cuaternarios del Grupo Cabo Blanco y su proximidad al aeropuerto de Maiquetía. La identificación de esta falla como fuente del evento principal requiere su incorporación en los mapas de amenaza sísmica y en la normativa sismorresistente venezolana

El Capítulo 3 del informe GEER, titulado “Tectónica regional” (Carrillo, 2026, Cap. 3), presenta una visión integrada del contexto tectónico y geodinámico de los sismos del 24 de junio de 2026. El capítulo se apoya en los estudios geodésicos y geológicos realizados en la región y en los datos del USGS (Servicio Geológico de los Estados Unidos) sobre los epicentros y mecanismos focales.

Los sismos del 24 de junio de 2026 se sitúan en el 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. 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.

El capítulo describe con detalle la geometría y cinemática del sistema de fallas Boconó-San Sebastián, incluyendo la extensión de la falla de Boconó, aproximadamente 500 km desde la frontera colombo-venezolana hasta la región de Yaracuy, donde se fusiona con el sistema de San Sebastián, y la extensión de la falla de San Sebastián, aproximadamente 470 km desde Morón-Puerto Cabello hasta el golfo de Araya. La falla de San Sebastián es predominantemente costa afuera, pero aflora en San Sebastián de Maiquetía 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). Esta mención a la falla de Bruscas es consistente con la identificación que hace Audemard en su trabajo, y refuerza la importancia de esta estructura en la caracterización del evento.

El capítulo dedica una sección sustantiva a los terremotos históricos, documentando los eventos de 1812, 1900 y 1967, y su relación con los sistemas de fallas de Boconó y San Sebastián. El terremoto multievento de Caracas del 26 de marzo de 1812 se considera uno de los más destructivos en la historia de Venezuela, con graves daños en ciudades separadas por varios cientos de kilómetros, como Caracas, La Guaira, Barquisimeto, San Felipe y Mérida. El capítulo reporta que estimaciones previas sugieren magnitudes Ms de 7.0, 7.2 y 6.3 para tres epicentros o subeventos, incluidas las rupturas en Mérida, Barquisimeto-San Felipe y Caracas. La mayoría de los estudios coinciden en que el terremoto involucró al menos dos grandes rupturas de falla que afectaron las regiones central y occidental del norte de Venezuela. Esta caracterización es

consistente con la hipótesis de Audemard sobre la naturaleza multifocal del evento de 1812 y con la comparación que establece con el evento de 2026.

El terremoto de Caracas de 1900 (magnitud ~7.6 a 7.7) es documentado por el autor como el mayor evento sísmico conocido en Venezuela antes de 2026. Señala que ha sido objeto de debate entre dos posibles estructuras costa afuera: algunos autores lo atribuyen a la falla de La Tortuga, mientras que otros lo reubican más cerca de la costa y lo atribuyen a la falla de San Sebastián. El capítulo reporta que el levantamiento sísmico marino de alta resolución concluyó a favor de la falla de San Sebastián como origen del sismo de 1900. Esta discusión muestra la complejidad de la identificación de las fuentes sísmicas en la región y la necesidad de estudios marinos de alta resolución para resolver las incertidumbres.

El terremoto de Caracas de 1967 es documentado por el autor como uno de los eventos sísmicos más importantes de la historia moderna de Venezuela. Con una magnitud de aproximadamente 6.6, 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. El autor destaca que, a pesar de su magnitud moderada, el terremoto generó graves repercusiones en toda la región metropolitana de Caracas y la costa central venezolana, con intensidades máximas de grado IX (Violento) en algunos sectores, 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. El capítulo señala que las condiciones geológicas locales fueron el factor primario que controló la distribución de los daños observados, y que el terremoto de 1967 constituye 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.

El capítulo dedica una sección al registro paleosísmico, documentando las investigaciones realizadas a lo largo del límite sur de la placa del Caribe, que ofrecen pruebas sólidas sobre la ocurrencia de terremotos recurrentes de gran magnitud en escalas temporales centenarias y milenarias. Las investigaciones paleosismológicas a lo largo de la falla de Boconó han documentado un largo historial de sismos con ruptura superficial que se extienden desde el Pleistoceno tardío hasta el presente. Los períodos de retorno estimados varían desde aproximadamente 200 a 300 años para algunos segmentos de falla, hasta 1000 a 2000 años para escenarios de ruptura más grandes. 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, y se ha registrado actividad post-sísmica significativa cerca de las expresiones superficiales de estas fallas.

“Los terremotos del 24 de junio de 2026 en Venezuela: estructuras litosféricas en el norte de Sudamérica, comportamiento de las réplicas y la importancia de la

microzonificación sísmica para la reconstrucción de La Guaira” (Schmitz et al., 2026) integra la estructura litosférica de la región, el comportamiento estadístico de la secuencia de réplicas, el análisis de transferencia de esfuerzos de Coulomb y la caracterización del subsuelo de Caracas y La Guaira, y culmina con una propuesta de microzonificación sísmica del estado La Guaira orientada a la reconstrucción.

Los autores parten de una caracterización detallada de la estructura litosférica en el centro-norte de Venezuela, basada en los perfiles sísmicos de los proyectos BOLIVAR, GEODINOS, ECCAR y Mar y Tierra. Demuestran que la zona de los terremotos está en contacto entre una corteza oceánica engrosada del Caribe, unos 25 km de espesor, y una corteza continental de 35-40 km de espesor, sobre una litosfera adelgazada de unos 60 km. Esta configuración, interpretada en trabajos previos como resultado de la subducción de la placa del Atlántico en interacción con el borde septentrional del margen continental sudamericano desde el Paleoceno tardío, proporciona el contexto geodinámico para comprender la complejidad de la ruptura del 24 de junio de 2026. Los autores descartan la existencia de una zona de alta velocidad asociada a la falla de San Sebastián, planteada en estudios previos, y consideran más bien un aumento gradual del espesor de la corteza hacia la parte continental, consistente con modelos regionales previos.

El análisis estadístico de la secuencia de réplicas es uno de los aportes más significativos del trabajo. Los autores analizan 1774 réplicas registradas en 77 días, entre el 24 de junio y el 8 de septiembre de 2026, y documentan que la actividad de réplicas decayó rápidamente, con una atenuación superior al promedio tectónico global. La actividad se mantuvo sostenida durante los primeros 8 a 10 días, lo que podría relacionarse con la superposición de las dos rupturas. Los autores identifican además reactivaciones discretas que dispararon otras réplicas, un proceso que podría estar relacionado con reajustes locales del esfuerzo.

La distribución espacial de las réplicas revela una marcada heterogeneidad que refleja la compartimentación mecánica del sistema de fallas. Los autores identifican sectores donde la ruptura retuvo energía elástica y sectores donde el esfuerzo se liberó y el medio quedó en un estado relajado. Los dos grupos están separados por una brecha sísmica. El análisis de la distribución de magnitudes de las réplicas, es decir, el valor b , confirma esta interpretación: los valores bajos, 0,60-0,96, corresponden al segmento occidental del Mw 7,2 y a la zona costa afuera al este del Mw 7,5, mientras que los valores altos, 1,25-1,47, corresponden al segmento oriental. La brecha que separa ambos grupos se extiende entre $68,4^\circ$ y $67,7^\circ$ O. La celda más al sur, con un valor b de 1,48, confirma que la migración tardía de la sismicidad hacia el sur no representa la propagación de una ruptura principal, sino un reajuste secundario sobre los sistemas de fallas al sur (falla de La Victoria).

El análisis de transferencia de esfuerzos de Coulomb es otro de los aportes centrales del trabajo. Los autores calculan el cambio de esfuerzo de Coulomb (ΔCFS) producido por ambas rupturas, utilizando dos formulaciones independientes:

superposición de dobles pares puntuales con la función de Green estática de Kelvin y dislocaciones rectangulares en semiespacio con superficie libre, siguiendo la formulación clásica de Okada. Los resultados demuestran que el hipocentro del Mw 7,5 quedó en una zona de carga estática del orden del umbral de disparo ($+0,0133$ MPa), y que la brecha de réplicas entre ambos eventos coincide con una sombra de esfuerzo de Coulomb ($-0,31$ MPa) proyectada por las dos rupturas adyacentes. Este resultado no depende del modelo de deslizamiento adoptado en la brecha y es consistente con la hipótesis de una ruptura discontinua y segmentada, y no de un frente continuo de 243 km como sugiere el modelo del USGS. Los autores señalan, sin embargo, que la correlación entre la distribución de réplicas y el campo de Coulomb no es estadísticamente significativa bajo la hipótesis nula de rotación rígida ($z = 1,3$, $p = 0,18$), y que la mayor parte del acuerdo aparente proviene de que las réplicas se alinean con la ruptura oriental, que coincide con la zona cargada.

La caracterización del subsuelo de Caracas y La Guaira es otro de los aportes significativos del trabajo. Para Caracas, los autores documentan los estudios de microzonificación sísmica realizados en 2005-2009, que permitieron caracterizar el subsuelo del valle, identificar los espesores de sedimentos, hasta 300 m en Los Palos Grandes, determinar los períodos fundamentales, 1-1,6 s en las zonas más profundas, calcular los valores de V_{s30} , 185-325 m/s en gran parte del valle, y definir los espectros de respuesta en superficie para cada microzona. Los daños del evento de 2026 se concentraron en las cuencas con depósitos profundos de sedimentos (más de 120 m), como Los Palos Grandes/Los Dos Caminos y San Bernardino, pero también hubo concentración de daños en zonas de menor espesor de sedimentos, como El Paraíso y Bello Campo, por lo que los autores recomiendan una actualización de la microzonificación sísmica de Caracas con un enfoque especial en estas zonas.

Para La Guaira, los autores documentan los estudios geofísicos realizados posteriormente a los deslaves de 1999, que permitieron caracterizar los conos aluviales de Macuto, Caraballeda y Tanaguarena. Los espesores de sedimentos alcanzan 480 m en Caraballeda, 290 m en Macuto y 200 m en La Guaira. Los períodos fundamentales del suelo varían entre 0,9 y 1,8 s, con valores máximos de hasta 2,7 s. Las velocidades V_{s30} varían generalmente entre 300 y 650 m/s en los conos, con algunas zonas de sedimentos poco consolidados con valores por debajo de 300 m/s. El nivel freático se ubica entre 5 y 10 m de profundidad. Estos datos son consistentes con la heterogeneidad de los daños observados durante el evento de 2026, que se concentraron en los conos de deyección de Macuto y Caraballeda, y en Catia La Mar.

El trabajo culmina con una propuesta detallada para el estudio de microzonificación sísmica del estado La Guaira. La propuesta contempla análisis neotectónico con evaluación paleosismológica, densas mediciones geofísicas (ReMi, iMASW, ruido ambiental, gravimetría), perforaciones geotécnicas, análisis de respuesta dinámica 1D con efectos 2D y 3D, instrumentación acelerográfica y evaluación del peligro de tsunami. Los autores enfatizan la necesidad de considerar

las variaciones bruscas del subsuelo entre quebradas y los efectos de las cuencas abiertas al mar y de la topografía, así como el potencial de licuación y los deslizamientos gravitacionales. La información procesada y los mapas resultantes se integrarían en un Sistema de Información Geográfica abierto y en un repositorio que preserve la información y facilite su utilización futura. Con esta información se elaboraría una Ordenanza Municipal de Edificaciones Sismorresistentes complementaria a la norma COVENIN 1756 (2019) que sirva de base para la planificación urbana y estratégica de la reconstrucción del estado La Guaira.

2.2. Sismicidad histórica y caracterización de la fuente

"Mapa de máximas intensidades sísmicas estimadas para Venezuela en el período 1530-2026" (Liñayo et al., 2026) propone una metodología replicable para integrar, geoprocesar y validar mapas de isosistas dispersos en casi un siglo de producción científica nacional. La originalidad del trabajo radica en la integración espacial de mapas de isosistas de los terremotos más significativos de la historia venezolana en un producto cartográfico unificado, en la validación del mapa resultante mediante su superposición con una base de datos geoespacial de 116 puntos de intensidad sísmica, y en la comparación del mapa antes y después del evento del 24 de junio de 2026, que demuestra la estabilidad de la envolvente histórica y la recurrencia de los escenarios de intensidad máxima.

Venezuela posee un historial sísmico caracterizado por terremotos destructivos que, desde el siglo XVI, han impactado de manera recurrente sus principales centros poblados e infraestructuras estratégicas. Desde el terremoto de Cumaná de 1530 hasta el evento del 24 de junio de 2026, el país ha acumulado casi medio milenio de memoria sísmica. Sin embargo, a pesar de los esfuerzos de destacados investigadores que han recopilado, documentado y contrastado información sobre estos eventos, no existía hasta ahora un trabajo que propusiera la integración espacial y el geoprocesamiento unificado de todos esos aportes. La metodología desarrollada aborda esa integración.

La metodología desarrollada es rigurosa y replicable. Primero, se revisó una base de datos de 190 registros de grandes sismos históricos e instrumentales, de los cuales se seleccionaron nueve eventos que cumplieran dos criterios fundamentales: corresponder a los de mayor intensidad estimada y cubrir en su conjunto la totalidad del territorio nacional. Los eventos seleccionados fueron los de 1610 (La Grita), 1674 (Mérida/Gibraltar), 1766 (oeste de Cumaná), 1812 (Caracas/Mérida), 1853 (Cumaná), 1875 (Cúcuta), 1894 (Selva de Onia), 1900 (alta mar al norte de La Guaira), 2025 (Mene Grande) y 2026 (noroeste de Catia La Mar). Para cada uno de ellos, se recopilaron los mapas de isosistas elaborados por diversos autores y se georreferenciaron, digitalizaron y superpusieron utilizando herramientas SIG (Sistemas de Información Geográfica). Los criterios de superposición fueron dos: fusionar todas las franjas de isosistas de similar valor y seleccionar la isosista de mayor valor como la que prevalecería sobre las de menor valor en las áreas de solapamiento.

El mapa resultante divide el territorio nacional en ocho sectores caracterizados por intensidades máximas estimadas que oscilan entre III y X grados de la Escala de Mercalli Modificada. Las áreas donde se han registrado los mayores efectos en superficie y daños asociados a terremotos destructivos históricos se ubican, de oeste a este, en los estados Mérida, Lara, Yaracuy, Carabobo, Distrito Capital, La Guaira y Sucre, con intensidades máximas que varían entre IX y X MMI (Escala de Mercalli Modificada). También destacan extensiones importantes de Táchira, Trujillo, Aragua, Miranda, norte de Anzoátegui, Monagas y Delta Amacuro, donde se han registrado intensidades de VIII y VII MMI. Hacia la zona noroccidental del país y hacia el sur, las intensidades máximas se atenúan gradualmente, pasando por valores de VI, V, IV y III MMI. Esta distribución presenta una correspondencia espacial significativa con las zonas donde se concentra la actividad tectónica y con el patrón general representado por los mapas nacionales de amenaza sísmica elaborados por FUNVISIS (Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas), lo que se denomina una "congruencia lógica" entre ambos instrumentos.

Uno de los hallazgos principales es la comparación del mapa antes y después del evento del 24 de junio de 2026. Se contaba con una primera versión del mapa de intensidades máximas antes de esa fecha, y al incorporar el evento de 2026 se observó que los cambios son apenas perceptibles, salvo por el óvalo rojo que se extiende hacia el noreste de Yaracuy y parte del noroeste de Carabobo. Este hallazgo sugiere que las intensidades máximas registradas en 2026 ya habían sido estimadas en los mapas de eventos históricos, lo que confirma la recurrencia de los escenarios de intensidad máxima. En el caso de Caracas y La Guaira, las intensidades de IX MMI registradas en 2026 ya habían sido estimadas para los terremotos de 1812 y 1900, lo que confirma la recurrencia secular de los grandes terremotos en la región y refuerza la idea de que la aparente quiescencia sísmica posterior a 1812 no era más que el silencio previo a una nueva ruptura.

La validación del mapa final mediante su superposición con 116 puntos de intensidad sísmica de la base de datos del CIGIR arroja un 83,3% de coincidencia, lo que otorga un alto grado de confiabilidad al producto cartográfico. El 16,7% restante de no correspondencia probablemente obedece a condiciones de sitio u otros factores que escapan a los objetivos del trabajo. Este ejercicio de validación es poco común en trabajos de sismología.

Una distinción conceptual importante separa el Mapa de Zonificación Sísmica con fines de ingeniería (COVENIN 1756-2001, Comisión Venezolana de Normas Industriales) del Mapa de Intensidades Sísmicas Máximas. Mientras el primero se sustenta en datos instrumentales y orienta el diseño sismorresistente en la ingeniería, el segundo refleja los efectos que los sismos más destructivos han generado sobre la población, sus infraestructuras y el paisaje. Ambos instrumentos se complementan y ofrecen miradas distintas del comportamiento espacio-territorial de la sismicidad. El mapa de intensidades máximas no sustituye al mapa de amenaza

sísmica, pero lo complementa al ilustrar los efectos que los terremotos históricos han dejado en el territorio.

"Aspectos conceptuales de varios mecanismos focales y sus efectos en los sismos y obras de ingeniería" (Echezuría, 2026) aborda la física de la fuente sísmica para explicar los mecanismos que pueden generar pulsos de alta energía y aceleraciones extremas en superficie. Su aporte principal es la demostración de que dos sismos con la misma magnitud de momento pueden tener potenciales destructivos radicalmente distintos según el modo de ruptura: única, secuencial o supersónica.

Se distinguen con precisión dos regímenes de ruptura. En el primero, la velocidad de ruptura es menor que la velocidad de las ondas de corte ($V_r < V_s$). En este régimen, la ruptura no es un evento único y homogéneo, sino un proceso secuencial y multifásico controlado por la interacción de tres variables fundamentales: las asperezas (zonas con mayor concentración de esfuerzos), la resistencia friccional de la roca en los puntos de contacto y el incremento del área de ruptura. Cuando el frente de ruptura encuentra una barrera o una aspereza geométrica compleja, el desplazamiento local puede estancarse temporal o definitivamente, generando un desplazamiento escalonado. Este proceso se visualiza en un diagrama que muestra cómo el desplazamiento final acumulado de la falla es la suma matemática de los pulsos sucesivos. Como consecuencia, los acelerogramas o sismogramas pueden mostrar trenes o grupos de ondas de corte en el tiempo, lo cual indica que se rompieron zonas secuenciales en la misma falla. Este fenómeno se ilustra con el ejemplo del sismo Big Bear, cuyo acelerograma muestra claramente el arribo de dos trenes de ondas secundarias.

El segundo régimen es el super-shear ($V_r > V_s$), en el cual la velocidad de ruptura supera la velocidad de las ondas de corte. El proceso mediante el cual se alcanza este régimen se describe paso a paso. Inicialmente, la ruptura se propaga de manera convencional a aproximadamente el 82% de V_s . A medida que avanza, si el plano de la falla tiene poca rugosidad y la roca es muy rígida, se acumula una concentración extrema de tensiones en la punta de la grieta. Cuando la ruptura alcanza la velocidad de Rayleigh (aproximadamente $0,92 V_s$), ocurre un fenómeno de transferencia: la alta tensión acumulada delante de la grieta principal crea una microfractura secundaria por delante, y la grieta principal salta y se fusiona con ella, superando la barrera física de la velocidad de corte. Una vez que se cruza esta barrera, la ruptura se establece rápidamente en una velocidad equivalente a $\sqrt{2} V_s$, es decir, aproximadamente 1,41 veces la velocidad de la onda S, conocida como velocidad de Eshelby. A esta velocidad extrema, la falla se fractura más rápido de lo que la propia roca puede vibrar para transmitir la onda elástica.

El mecanismo de Burridge-Andrews permite a la ruptura saltar la "zona prohibida" entre la velocidad de Rayleigh y la velocidad de corte. En la mecánica de fractura dinámica existe un concepto llamado "flujo de energía en la punta de la grieta". Cuando la velocidad de ruptura se acerca a la velocidad de Rayleigh, la energía elástica que el medio intenta enviar a la punta de la fractura se convierte progresivamente en ondas

elásticas irradiadas que se escapan del frente. Al alcanzar la velocidad Rayleigh, el flujo de energía hacia la punta de la fractura se reduce exactamente a cero. Si se intenta forzar teóricamente que la ruptura viaje a una velocidad ligeramente superior a la Rayleigh, el flujo de energía requerido se vuelve negativo, lo cual es físicamente imposible. Por esta razón, la velocidad Rayleigh actúa como un muro infranqueable para una aceleración continua convencional. Para superar este límite, la fractura no puede simplemente acelerar de forma gradual; se recurre al mecanismo de Burridge-Andrews, mediante el cual las tensiones elásticas saltan por delante de la zona de velocidad Rayleigh aprovechando la energía de las ondas de compresión (ondas P). Al aprovechar esa energía adicional, se genera una microfractura secundaria por delante que es alcanzada por la fractura principal, logrando así "transferirse" o saltar la zona prohibida de manera abrupta y alcanzar directamente una velocidad supersónica estable.

La consecuencia más importante de este régimen es la formación de un frente de Mach. Como el frente de ruptura avanza más rápido que las ondas que genera, las ondas de corte no pueden disiparse hacia adelante y quedan atrapadas en una envolvente geométrica cónica. Cada punto del plano de la falla que es alcanzado por la ruptura actúa como un emisor instantáneo de ondas esféricas, y como $V_r > V_s$, existe una línea geométrica única en el espacio donde los frentes de onda circulares emitidos en tiempos distintos llegan exactamente al mismo tiempo y con la misma fase. Para un observador situado sobre este frente de Mach, la diferencia de tiempo de llegada entre la energía liberada al inicio de la falla y la liberada al final se reduce a cero. Toda la energía transitoria de corte del sismo se comprime y se apila en un único instante de tiempo. El resultado instrumental es un pulso de velocidad del suelo con una aceleración pico extrema, con forma de choque agudo, una onda en forma de "N" o un pulso monopolar/bipolar de muy alta frecuencia. El ángulo de Mach se calcula mediante la ecuación $\sin(\beta) = V_s/V_r$. Este fenómeno se ilustra con el ejemplo del sismo de Izmit (1999), en Turquía, donde la ruptura viajó a 4,7 km/s, un 47% más rápido que las ondas S, generando un ángulo de Mach de $42,9^\circ$ y un impacto simultáneo y violento en las ciudades situadas dentro del cono.

La vinculación de los desarrollos teóricos con el evento del 24 de junio de 2026 conduce a señalar que es probable que durante los sismos de esa fecha se haya presentado una situación de super-shear con superposición de ondas y pulso de alta energía, lo que pudo causar el colapso simultáneo de varias edificaciones en distintas zonas de La Guaira. Esta hipótesis, sustentada en la comunicación personal de Safina y en la observación de colapsos simultáneos, es consistente con la caracterización de la ruptura multifocal propuesta por Audemard y con los patrones de daño documentados por otros autores del Boletín. La convergencia de evidencias independientes respalda la hipótesis, aunque se requiere confirmación instrumental para establecerla con certeza.

La magnitud de momento no es un indicador suficiente del potencial destructivo de un sismo. Dos eventos con la misma Mw pueden generar aceleraciones locales radicalmente distintas si uno de ellos presenta una ruptura secuencial o

supersónica. En segundo lugar, se evidencia la necesidad de considerar los efectos de directividad y los pulsos de alta velocidad en el diseño de estructuras críticas, especialmente en zonas cercanas a fallas activas con potencial de super-shear. En tercer lugar, se subraya la importancia de la instrumentación sísmica densa y de alta frecuencia para capturar los pulsos de alta energía que caracterizan estos eventos. Se plantea la necesidad de revisar las normas sismorresistentes para incorporar escenarios de ruptura supersónica y pulsos de alta velocidad, que no están adecuadamente contemplados en la normativa actual.

El Capítulo 5 del informe GEER, titulado **“Sismicidad y características de la fuente sísmica” y elaborado por Shiyong Nie (2026, Cap. 5)**, proporciona una caracterización detallada de la sismicidad y las características de la fuente sísmica de los terremotos del 24 de junio de 2026. El capítulo analiza la geometría de la ruptura, la cinemática de la fuente y sus implicaciones para el movimiento del suelo en La Guaira y Caracas. Los sismos del 24 de junio de 2026 se sitúan en el contexto del sistema de fallas Boconó-San Sebastián-El Pilar, la principal estructura dextral del límite de placas Caribe-Sudamérica, y del sistema Oca-Ancón, un sistema dextral secundario en el noroeste de Venezuela. El primer sub-evento (Mw 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. El ramal que albergó el sub-evento inicial y la geometría de la transferencia siguen siendo inciertos.

La cronología de eventos y la evolución de las soluciones de la fuente señalan que los catálogos actuales identifican dos sub-eventos principales separados por unos 30 segundos. Los datos que presenta el capítulo indican que los orígenes 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 inciertos. 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. El capítulo detalla que 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.

El capítulo compara las soluciones del tensor de momento del USGS y del GFZ, que 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. 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 $\pm 180^\circ$ son consistentes con un movimiento predominantemente lateral derecho y solo pequeños componentes oblicuos. Concluye que las soluciones coinciden con la ruptura en el sistema de fallas dextrales del norte de Venezuela.

Se describe que 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 ondas telesísmicas, InSAR y restricciones GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite). 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. Los interferogramas y las inversiones de la fuente muestran un patrón general de deformación costera que abarca aproximadamente entre 180 y 210 km. El capítulo recoge los datos de la ESA según los cuales los productos Sentinel-1 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.

De acuerdo a lo reportado en este capítulo, el informe de EERI VERT (Earthquake Engineering Research Institute – Virtual Earthquake Reconnaissance Team) reprodujo una instantánea temprana del panel de control de FUNVISIS, recuperada el 27 de junio, en la que 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. La compilación preliminar del 17 de julio de 2026 muestra que 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.

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. El capítulo señala 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. Se modeló la respuesta de ondas SH de movimiento débil en la cuenca aluvial de Caracas. El 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 se encuentran los efectos de directividad.

El capítulo 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.

2.3. Geología local y efectos de sitio

“Enseñanzas geológicas aplicadas al terremoto de La Guaira 24/06/26” (García, 2026), formula el modelo geotectónico de la “Cuña de El Ávila”. Este modelo conceptualiza el macizo montañoso como un bloque estructural rígido atascado entre la falla de El Ávila y la zona transformante de San Sebastián, que acumuló tensiones en sentido este-oeste hasta su destrabamiento durante el evento del 24 de junio de 2026. Este modelo, sustentado en evidencias de campo, análisis morfobatimétricos y mediciones InSAR de la misión NISAR (Interferometría de radar de apertura sintética), ofrece un marco interpretativo coherente para comprender la mecánica del doblete sísmico y la heterogeneidad espacial de los daños.

Las placas tectónicas del Caribe y Sudamérica están en contacto a lo largo de una amplia zona de deformación activa que recorre la costa norte de Venezuela. Las fallas de Boconó y San Sebastián no deben considerarse como líneas únicas, sino como bandas de deformación de varios kilómetros de ancho. En el caso del evento de 2026, el primer sismo (S1, Mw 7.2) se localizó en el sistema de fallas de Boconó, cerca de San Felipe, estado Yaracuy, a una profundidad de 20,3 km. El segundo

sismo (S2, Mw 7.5) ocurrió 32 segundos después, en el mar Caribe, a unos 20 km al noroeste del Aeropuerto Internacional de Maiquetía, sobre la zona de falla de San Sebastián, a una profundidad de 10 km.

La hipótesis central es que el macizo de El Ávila actuó como una cuña estructural rígida que acumuló tensiones en sentido este-oeste. El primer sismo en Yaracuy actuó como detonante, liberando tensiones en la zona de la falla de San Sebastián y transfiriendo esfuerzos hacia el oriente. Tan solo 32 segundos después, se desencadenó el segundo evento, que representó la ruptura catastrófica y la liberación brusca de la tensión acumulada en la cuña de El Ávila.

Esta hipótesis se sustenta en tres tipos de evidencia. Primero, las mediciones InSAR de la misión NISAR revelan un desplazamiento cosísmico máximo de 60 cm hacia el oeste, distribuido en dos franjas: una franja litoral de 500 m de ancho que se extiende 40 km hacia Puerto Cabello, y un óvalo de deformación de 20 km de longitud por 5 km de ancho en el cerro El Ávila, al sureste de Maiquetía. Segundo, el análisis morfobatimétrico de la costa revela una marcada asimetría entre los flancos este y oeste del aeropuerto de Maiquetía: hacia el este, la plataforma continental presenta una pendiente suave y se alcanza la isóbata de 100 m a más de 10 km de la orilla; hacia el oeste, el fondo marino desciende bruscamente, registrándose profundidades superiores a los 500 m a muy corta distancia de la costa. Tercero, las observaciones de campo en el sistema Boconó, realizadas entre 1972 y 1992, demuestran que el ancho y el comportamiento mecánico de las fallas varían drásticamente según la litología involucrada, desde unos pocos centímetros en rocas plutónicas hasta más de 1.500 metros en secuencias metasedimentarias arcillosas.

El autor desarrolla un modelo cinemático de la secuencia de ondas del doblete que explica la complejidad del movimiento percibido. Las ondas P del sismo S1, generadas a una profundidad de 20,3 km, se desplazaron a una velocidad aproximada de 6.000 m/s y alcanzaron La Guaira en unos 23 segundos. Las ondas S del mismo sismo, con una velocidad superior a 4.000 m/s, arribaron en un lapso no superior a los 35 segundos. Al registrarse la ruptura del sismo S2 a los 32 segundos, la cercanía de su epicentro a La Guaira hizo que el tiempo de llegada de sus ondas P fuera casi inmediato, estimado en unos 5 segundos. De este modo, las ondas P del sismo S2 incidieron en menos de 37 segundos, coincidiendo de forma ortogonal con el arribo de las ondas S del sismo S1. Esta superposición de trenes de ondas sometió a las estructuras a un movimiento ondulatorio acoplado con un patrón de avance en forma de "ocho" o infinito, que resultó particularmente destructivo.

El análisis geológico de los sectores de Playa Grande y Caraballeda es otro de los aportes significativos del trabajo. El autor demuestra que la mayor destrucción en estas áreas se debió a la amplificación de ondas sísmicas en depósitos coluviales no consolidados y a la licuación de suelos en la franja aluvial ganada al mar tras el deslave de 1999. En el caso del aeropuerto de Maiquetía, el autor describe la terraza sobre la que se emplaza la pista, compuesta por depósitos coluviales de origen terrígeno con un espesor aproximado de 20 metros, y

explica el origen de las grietas longitudinales en zigzag como una respuesta combinada a la deformación de la terraza ante el paso del tren de ondas y a la liberación elástica de esfuerzos del macizo. En el caso de Caraballeda, el autor caracteriza el cono de deyección aluvial/coluvial asociado a la cuenca del río San Julián, con pendientes que varían desde un 20% en el pie de monte hasta suavizarse progresivamente al aproximarse al plano aluvial reciente. La severidad del daño en este sector respondió a la amplificación de ondas en depósitos no consolidados y a la licuación local de suelos en la franja ganada al mar.

El modelo de la Cuña de El Ávila sugiere que la zona de La Guaira y Caracas está sujeta a rupturas multifocales con recurrencia secular, como lo demuestra la comparación con 1812. Identifica la cuña de El Ávila como una estructura que debe ser monitoreada con técnicas de interferometría satelital de precisión milimétrica. Subraya la importancia de considerar los efectos de sitio, la amplificación de ondas y la licuación en la planificación de la reconstrucción y en la actualización de las normas sismorresistentes. Destaca, además, el valor del monitoreo InSAR como herramienta para la gestión integral de riesgos geotécnicos y la alerta temprana en relieve montañoso.

La caracterización de la deformación del terreno y de la falla de Bruscas realizada por García (2026) coincide con la evidencia remota documentada en los capítulos 7 y 8 del informe GEER (Varela, 2026, Cap. 7; Varela et al., 2026, Cap. 8) y con el inventario de manifestaciones de licuación documentado por el Capítulo 9 del informe GEER (Montalva et al., 2026, Cap. 9). La descripción geológica del aeropuerto de Maiquetía realizada por García (2026) coincide con la de Carrillo (2026, Cap. 4). El modelo cinemático de la secuencia de ondas del doblete desarrollado por García (2026) describe el mismo fenómeno que el análisis de la superposición de ondas y el régimen super-shear realizado por Echezuría (2026), desde la perspectiva de la secuencia temporal de los dos eventos y de la física de la fuente, respectivamente.

La convergencia entre el modelo de la Cuña de El Ávila y el análisis de la superposición de ondas y el régimen super-shear no es casual. Ambos describen el mismo fenómeno desde perspectivas complementarias: García (2026) caracteriza la secuencia temporal de los dos eventos y la respuesta del macizo rocoso, mientras que Echezuría (2026) analiza la física de la fuente y los mecanismos de ruptura que pudieron generar pulsos de alta energía. La integración de ambas perspectivas permite comprender por qué la severidad del evento no se explica únicamente por su magnitud, y por qué la caracterización de la fuente sísmica debe incorporar tanto la geometría de la ruptura como la secuencia temporal de los eventos.

El Capítulo 4 del informe GEER, titulado **“Contexto geológico” y elaborado por Eduardo Carrillo (2026, Cap. 4)**, proporciona una caracterización detallada del contexto geológico de las dos zonas más afectadas por los terremotos del 24 de junio de 2026: el estado La Guaira y el valle de Caracas. El capítulo analiza los patrones de daño heterogéneos y la necesidad de un conocimiento profundo de las condiciones geológicas y geotécnicas locales para la reconstrucción.

El autor comienza con una constatación fundamental: 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 se requiere 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.

El autor describe con detalle la geología del estado La Guaira, señalando que 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. 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 Tanaguarena, 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. En el estado 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.

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 deposición 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. 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 holocenos representan la etapa más reciente de acumulación de sedimentos en la zona (Weisbord, 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 el área. 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 en el capítulo 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. Según Weisbord (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, Tanaguarena 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. Se han estimado espesores mayores de 250 metros en Macuto, mientras que los depósitos en La Guaira alcanzan localmente hasta 250 metros. El abanico aluvial de Caraballeda es un sistema deposicional 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. 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.

El autor destaca que 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. 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. 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 región sea particularmente vulnerable a la acumulación de riesgos geológicos.

El autor describe la geología del valle de Caracas, señalando que 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 que se superponen al complejo basamento rocoso metamórfico de la Cordillera de La Costa. La cartografía geológica 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. 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. 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. 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. 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.

"Aportes de la microzonificación sísmica para la mitigación del riesgo sísmico en Venezuela — avances y desafíos (compendio del TIA)" (Schmitz, 2026) presenta un compendio del estado del arte de la microzonificación

sísmica en Venezuela, sus avances, desafíos y recomendaciones. Proporciona el marco metodológico y normativo para comprender por qué los efectos del evento de 2026 fueron tan heterogéneos en la costa central y por qué la reconstrucción de La Guaira requiere completar y aplicar los estudios de microzonificación sísmica.

El autor parte de una constatación fundamental: un alto porcentaje de la población venezolana se encuentra asentada en zonas de alta amenaza sísmica. La geodinámica de Venezuela está caracterizada por la interacción de las placas del Caribe y Sudamérica, lo que ha dado lugar a la formación de cordilleras y cuencas asociadas. La placa del Caribe se mueve con una velocidad de aproximadamente $19,6 \pm 2$ mm/año hacia el oeste con respecto a la placa Sudamericana, generando una compleja distribución de fallas activas y sismicidad. Los mapas de amenaza sísmica que forman la base de las normas sísmicas venezolanas (COVENIN 1756) expresan la amenaza en roca, pero no incorporan los efectos de sitio que pueden amplificar el movimiento del terreno en las cuencas sedimentarias donde se asientan la mayoría de las ciudades venezolanas. La microzonificación sísmica es, precisamente, la herramienta que permite identificar y caracterizar estos efectos de sitio.

Schmitz describe con rigor la metodología de los estudios de microzonificación sísmica. Estos estudios integran la evaluación de la amenaza sísmica en roca, la caracterización geológica, geomorfológica, geotécnica y geofísica del subsuelo, el cálculo de la respuesta sísmica en superficie mediante análisis lineal equivalente y la delimitación de microzonas de comportamiento similar. La información del subsuelo se obtiene mediante perforaciones geotécnicas, mediciones geofísicas (refracción sísmica, análisis de ondas superficiales, ruido ambiental, gravimetría) y modelado 3D. Con estos datos se determinan el espesor de sedimentos, las velocidades de ondas de corte (V_{s30}) y los periodos fundamentales de vibración del suelo. Estos parámetros permiten calcular los espectros de respuesta en superficie para cada microzona, que complementan los espectros de la norma COVENIN 1756 (2019) en el ámbito local. Además, se evalúan los efectos inducidos, como el potencial de licuación, el peligro de deslizamientos y la afectación por ruptura de falla en superficie.

El autor documenta los avances de los estudios de microzonificación sísmica en Venezuela, que se remontan a los estudios pioneros posteriores al terremoto de Caracas de 1967 y que se han desarrollado en varias ciudades del país. En el Área Metropolitana de Caracas, los estudios se iniciaron formalmente en 2005-2009 y han permitido caracterizar el subsuelo del valle, identificar los espesores de sedimentos (hasta 300 m en Los Palos Grandes), determinar los periodos fundamentales (1-1,6 s en las zonas más profundas) y definir microzonas de comportamiento similar. Los resultados han sido implementados en ordenanzas municipales en los municipios Libertador, El Hatillo y Sucre, aunque aún están pendientes en Chacao y Baruta. En Barquisimeto-Cabudare, los estudios se completaron y las ordenanzas fueron publicadas en 2018. En Carora, El Tocuyo, Quibor, Duaca, Cumaná, Carúpano, Cariaco, Valencia, Maracay, Barcelona, Mérida, San

Juan, Lagunillas, Valera, Trujillo, Boconó, San Cristóbal, San Antonio del Táchira, Ureña, Michelena, Lobatera, Rubio, La Guaira, Ciudad Caribia y Guarenas-Guatire, los estudios se encuentran en diferentes estados de avance, desde la caracterización preliminar del subsuelo hasta la definición de microzonas preliminares.

El caso de La Guaira es particularmente relevante para este Boletín. Schmitz documenta que el estado La Guaira posee una elevada amenaza sísmica ($A0 = 0,3$ g para La Guaira y $A0 = 0,27$ g para Ciudad Caribia), con la falla de San Sebastián marcando la línea de costa. Los estudios geofísicos realizados posteriormente a los deslaves de 1999 han permitido caracterizar los conos aluviales de Macuto, Caraballeda y Tanaguarena, determinando espesores de sedimentos de hasta 450 m en Caraballeda, 180 m en La Guaira y 290 m en Macuto. Los períodos fundamentales del suelo varían entre 0,9 y 1,8 s, con valores máximos de hasta 2,7 s. Las velocidades V_{s30} varían generalmente entre 300 y 650 m/s en los conos, con algunas zonas de aluviones poco consolidados con valores por debajo de 300 m/s. Estos datos son consistentes con la heterogeneidad de los daños observados durante el evento de 2026 y refuerzan la necesidad de completar la microzonificación de La Guaira con el cálculo de la respuesta sísmica en superficie y la elaboración de las respectivas ordenanzas municipales.

El autor aborda con detalle el proceso de implementación de los resultados en ordenanzas municipales y planes de gestión del riesgo. Señala que la implementación es un proceso complejo que requiere tanto del consenso técnico (con los funcionarios de las direcciones municipales de Ingeniería, Urbanismo y Protección Civil) como de la formulación y aprobación de las respectivas ordenanzas municipales con las comisiones de los concejos municipales. Este proceso puede tardar más tiempo que el propio estudio técnico. En Caracas, por ejemplo, las conversaciones con las direcciones municipales se iniciaron en 2010, pero la primera ordenanza no se publicó hasta 2018, y aún están pendientes las de Chacao y Baruta. En Barquisimeto, las ordenanzas fueron publicadas en 2018. El autor destaca que, cuando se trata de una actualización del estudio, la implementación legal puede ser más rápida, como lo demuestra el caso de Bogotá.

Schmitz también aborda el impacto de la microzonificación en la mitigación del riesgo sísmico. Los resultados de los estudios permiten identificar las zonas de mayor amplificación y los efectos inducidos, lo que a su vez permite establecer restricciones de uso del suelo, exigir requisitos de construcción más rigurosos en las microzonas de mayor peligro y guiar la ubicación de infraestructura vital (hospitales, escuelas) en las zonas de mejor comportamiento sísmico. La información de vulnerabilidad recabada y las propuestas de reforzamiento sísmico deberían utilizarse en el marco de los planes municipales de gestión del riesgo, cuya creación está indicada en la Ley de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos (2009) y que están contemplados en las ordenanzas municipales de edificaciones sismorresistentes. El autor señala que, en varias ciudades, se han evaluado más de 1000 edificaciones en Caracas, se ha realizado una auditoría de

vulnerabilidad en Barquisimeto y se ha evaluado la vulnerabilidad de más de 200.000 edificaciones en Valencia. Sin embargo, con pocas excepciones, no se han gestionado los reforzamientos.

La caracterización física del evento y la evaluación de los efectos de sitio configuran el marco en el que se analiza la respuesta estructural de las edificaciones, que se aborda en la sección siguiente.

3. RESPUESTA ESTRUCTURAL, RESPUESTA DE SITIO, ASPECTOS GEOTÉCNICOS Y NORMATIVA SISMORRESISTENTE

Los trabajos reunidos en esta sección abordan la respuesta estructural de las edificaciones, los efectos de sitio y las implicaciones para la normativa sismorresistente. El evento del 24 de junio de 2026 puso a prueba el desempeño del parque construido venezolano y evidenció tanto las fortalezas como las debilidades de las prácticas de diseño, construcción y control de calidad. Los daños observados en Caracas y La Guaira revelan mecanismos de falla recurrentes, es decir, patrones de comportamiento estructural que se repiten en distintas edificaciones. Estos mecanismos incluyen el piso blando, la columna corta, las fallas de confinamiento y solape, la corrosión, la mampostería sin confinamiento, las cubiertas pesadas con conexiones deficientes, los daños en tabiquería, las fallas de tanques y las alteraciones de sistemas ligeros. Muchos de estos mecanismos ya habían sido identificados durante el terremoto de Caracas de 1967 y en eventos posteriores. Su persistencia después de más de cinco décadas de desarrollo normativo plantea la necesidad de revisar los criterios de diseño y evaluación.

La respuesta estructural de las edificaciones durante el evento del 24 de junio de 2026 se articula en torno a tres dimensiones complementarias: el análisis de los daños y los mecanismos de falla observados, el control de calidad y la evolución normativa, y el comportamiento del suelo y la interacción suelo-estructura. Estas dimensiones organizan el análisis de la respuesta estructural.

3.1. Daños, mecanismos de falla y evaluación del desempeño estructural

3.1.1. Mecanismos de daño y vulnerabilidades estructurales

"El sismo del 24 de junio de 2026 en Venezuela: análisis preliminar de daños en edificaciones en Caracas y La Guaira, y lecciones para la gestión del riesgo" (Lafuente, 2026). Articula un análisis multicausal de la severidad del desastre en torno a seis dimensiones interrelacionadas: la demanda sísmica asociada al doblete y a efectos de campo cercano; la amplificación por condiciones locales de sitio; la licuación en franjas costeras; las vulnerabilidades estructurales acumuladas; la incidencia de elementos no estructurales y modificaciones posteriores a la construcción; y las debilidades de la gestión institucional del riesgo. Esta aproximación refleja la complejidad del evento. La autora describe los mecanismos de daño observados en edificaciones de diversa tipología y antigüedad, desde el Hospital Rísquez en San Bernardino (con

fallas por columna corta) hasta la Escuela de Música de Macuto (estructura patrimonial de mampostería) y el Urbanismo Hugo Chávez Frías (con edificaciones de Light Steel Framing). El análisis del Urbanismo Hugo Chávez Frías plantea hipótesis preliminares que deben separarse: limitaciones de diseño, deficiencias de control de calidad, aplicación normativa, mantenimiento y alteraciones realizadas por los habitantes.

La autora analiza la mampostería de relleno como un componente que, aunque suele clasificarse como no estructural, puede modificar la rigidez y distribución de fuerzas del marco, originar columnas cortas, introducir irregularidades y fallar fuera del plano. Las inspecciones realizadas permiten señalar desprendimientos extensos, mecanismos de compresión diagonal y expulsión de paneles de mampostería en múltiples estructuras afectadas por el sismo. Además de su interacción con la estructura, el colapso de la tabiquería puede causar víctimas, bloquear rutas de evacuación y hacer inhabitable un edificio que no haya sufrido colapso global. Este contraste es importante para la ingeniería de desempeño: evitar el colapso global es indispensable, pero no suficiente cuando componentes secundarios pueden provocar lesiones, pérdidas económicas y largos periodos de desocupación.

El trabajo también expone las debilidades institucionales en la gestión del riesgo. Es especialmente relevante la ausencia de registros sísmicos locales. Aunque hacia el año 2000 Venezuela llegó a operar entre 250 y 300 estaciones sismológicas, constituyendo una de las redes más avanzadas de América Latina, el deterioro progresivo iniciado en 2009 condujo a un colapso casi total de la infraestructura. La ausencia de estos registros no es un problema técnico aislado: es la manifestación de una crisis institucional profunda, que se extiende a muchas esferas de la gestión pública y que limita la capacidad del Estado para gestionar el riesgo y garantizar la seguridad de los habitantes del país.

La autora propone una explicación multicausal de la severidad del desastre y subraya la importancia de evitar dos simplificaciones: atribuir todos los daños a que el movimiento excedió la norma, o atribuir el desastre exclusivamente a mala construcción. Las investigaciones posteriores deberán separar y analizar ambos componentes con datos documentados y sustentados adecuadamente. La agenda propuesta para la investigación forense y la rehabilitación es uno de los aportes principales del trabajo. Incluye la preservación de evidencia antes de demoler, la reconstrucción de la demanda sísmica a partir de evidencia instrumental regional y no instrumental, la construcción de una base de datos de daños, el desarrollo de un modelo integral de exposición para La Guaira, la realización de estudios de materiales y detallado, la investigación geotécnica, la auditoría de edificaciones posteriores a normas modernas, la incorporación de componentes no estructurales y la vinculación entre reconstrucción, rehabilitación y ordenamiento territorial.

"Incompatibilidad entre pórticos y paredes de relleno de mampostería: lecciones recurrentes ratificadas tras el terremoto de La Guaira de 2026" (Urich, 2026). Este trabajo aborda uno de los mecanismos de daño más recurrentes y letales del evento del 24 de junio de 2026: la

incompatibilidad entre los pórticos de concreto armado y las paredes de relleno de mampostería. El trabajo se concentra en un problema específico: la falsa premisa de que las paredes de mampostería son "componentes no estructurales" que pueden ignorarse en el análisis y diseño sismorresistente.

El autor parte de una constatación histórica: hasta finales del siglo XIX, los muros de mampostería no solo cumplían la función de dividir o aislar los espacios en los edificios, sino que también constituían la estructura portante. La transición hacia prescindir de estos muros como parte de la estructura inició con arquitectos como Auguste Perret. En 1903, Perret construyó un edificio de 8 pisos en París con una estructura de pórticos de concreto reforzado en la que se diferencian claramente los elementos portantes de los cerramientos. Más adelante, Le Corbusier influyó decisivamente en esa transición a través de sus postulados en el Congreso Internacional de Arquitectura Moderna, iniciado en 1928. Su propuesta promovía prescindir de los muros tradicionales de carga y generar espacios libres con columnas esbeltas. Esta tendencia marcó un cambio de paradigma que persiste hasta nuestros días. A partir de esas primeras experiencias, se ha popularizado cada vez más la construcción de estructuras aporticadas de concreto reforzado, sin dejar de lado a las paredes de mampostería para las divisiones internas y el cerramiento de fachadas, pero ahora, estas últimas sólo son consideradas como "componentes no estructurales". Es práctica común desestimar la rigidez y resistencia de estas paredes y considerar que sólo aportan peso y masa a los modelos empleados en el análisis y diseño estructural.

El autor advierte que la ocurrencia de sismos en las últimas décadas ha demostrado reiteradamente que las paredes de relleno contribuyen significativamente a la respuesta estructural, contribución que puede ser tanto positiva como negativa. La literatura especializada señala que las paredes de relleno pueden inducir consecuencias tanto positivas como nocivas: hasta finales de la década de los 90 s, aunque se reconocían efectos adversos relacionados con la presencia de paredes de relleno de mampostería, se hacía también énfasis en sus beneficios, ya que éstas son capaces de tomar gran parte de las acciones sísmicas. Estudios más recientes insisten en que, para edificios de varios pisos, los tabiques de relleno podrían considerarse beneficiosos sólo para sismos de baja intensidad, mientras la mampostería no se agriete, porque a partir de ese momento su desempeño suele resultar muy errático y dominado por mecanismos frágiles, incluso para estructuras recientes detalladas según códigos modernos que prevén sistemas dúctiles. Las paredes modifican las propiedades estructurales. Alteran el período natural y el amortiguamiento. También modifican la transferencia de tensiones a través de los miembros estructurales: el dominio de la flexión en los marcos pasa a los puntales de compresión a través de las paredes. Esta situación aumenta las tensiones axiales en las columnas, vigas y fundaciones. Incluso si se separan las paredes de las columnas y del techo, igualmente se rigidizan las vigas donde ellas se apoyan, forzando la migración de rotaciones hacia las columnas y descartando el concepto de columna fuerte-viga débil. Las paredes son responsables de las irregularidades tipificadas más dañinas: el entrepiso blando, el entrepiso débil,

el efecto de columna corta y la torsión. Varios autores han advertido que estos problemas pueden ocurrir en lugares que no son evidentes en la configuración original del edificio, sino que inesperadamente aparecen cuando las paredes comienzan a agrietarse.

El autor subraya que la mayoría de las normas internacionales prescriben dos opciones: aislar las paredes para que no interfieran con la estructura, o incluirlas en el análisis y diseño como parte del sistema estructural. Muchos códigos establecen penalizaciones al considerarlas como una irregularidad estructural, aumentando las cargas de diseño o afectando la capacidad de las estructuras por factores que pueden variar entre 1,15 y 4,7 veces. Otro aspecto que todavía es vigente en los códigos es el cortante basal mínimo, criterio que fue incorporado desde finales de los 70s al reconocer que las paredes modifican las propiedades dinámicas, tal como se evidenció en mediciones de períodos en edificios de esa época (COVENIN 1756, 2001). A pesar de que existen previsiones en las normas o códigos, en muchos países sigue siendo común considerar las paredes sólo como componentes "no estructurales". Desafortunadamente, no hay suficiente conciencia acerca de la excesiva flexibilidad de los sistemas estructurales de tipo "pórticos" y se comete el error de desatender o subestimar la influencia de los tabiques en el desempeño sismorresistente. Muchas veces este error se potencia por la carencia de criterios claros en la literatura sobre cómo modelar y diseñar teniendo en cuenta las paredes, o cómo aislarlas adecuadamente de los miembros estructurales.

El autor describe con fotografías y descripciones detalladas los patrones de daño observados en Caracas y La Guaira durante el evento de 2026. Estos patrones incluyen el entrepiso blando o débil, donde la reducción de rigidez y resistencia lateral debido a la discontinuidad de paredes propicia la formación de un mecanismo clásico que concentra demandas de deformación inelástica en las columnas del nivel inferior, el efecto de columna corta o columna cautiva, generado por la restricción parcial de la mampostería perimetral, que reduce la altura libre e incrementa proporcionalmente el cortante demandado, induciendo una falla frágil diagonal; el efecto de viga corta o viga cautiva, que se manifiesta en los elementos horizontales cuando son confinados parcialmente por paredes con un tramo libre para dar paso a ventanas u otras discontinuidades, las fallas en nodos y extremos de columnas y vigas por concentración de tensiones hacia las aristas de la pared, y el mecanismo de piso blando o débil generado al romperse las paredes en niveles intermedios, mientras los pisos superiores permanecen prácticamente intactos, comportándose como un cuerpo rígido debido a la alta rigidez que confieren las paredes antes de agrietarse.

El autor también analiza los patrones de daño en paredes inducidos por la excesiva flexibilidad de la estructura. La excesiva flexibilidad de las estructuras aporticadas puede generar diversidad de daños en las paredes, que van desde fisuras leves hasta la destrucción total de las mismas. Se documentan daños incipientes en acabados de la tabiquería interior de un centro de salud, que aunque estructuralmente leves, resultan inaceptables por comprometer la operatividad

de instalaciones esenciales durante una emergencia, la destrucción y colapso parcial de paredes de fachada, que se produce a niveles de deriva relativamente bajos, frecuentemente antes de que los miembros principales del pórtico de concreto reforzado desarrollen deformaciones inelásticas significativas; y escenarios críticos de colapso de tabiquería interna, de pasillos y de escaleras, cuya destrucción generalizada representa un peligro letal para los ocupantes por desprendimiento de escombros, además del bloqueo de las rutas de evacuación y salidas de emergencia.

El trabajo de Urich examina la incompatibilidad de deformaciones entre la mampostería y los pórticos. El autor analiza los niveles de desempeño para paredes de relleno de mampostería, con valores de deriva asociados y la degradación de su rigidez. Los tabiques de mampostería suelen mostrar sus primeras fisuras a distorsiones tan bajas como $\delta/H = 0,001$. La distorsión, o deriva, es el desplazamiento lateral relativo entre pisos. A partir de ese punto comienza una degradación progresiva de rigidez y resistencia, dominada por mecanismos frágiles. Esa degradación puede conducir a daños severos o colapsos parciales a distorsiones del orden de $\delta/H = 0,005$, y a la destrucción total a partir de distorsiones del orden de $\delta/H = 0,010$. Estos rangos de deformación o desempeño de las paredes de mampostería son incompatibles con los esperados en los pórticos de concreto reforzado, los cuales típicamente alcanzan su resistencia cedente en las vigas a derivas del orden de $\delta/H = 0,003$, para luego desarrollar deformaciones inelásticas que pueden alcanzar valores del orden de $\delta/H = 0,020$ en caso de estructuras dúctiles diseñadas después de los años 80. Entonces, cuando las paredes y los miembros estructurales del pórtico están en contacto, en el momento en el cual el aporte de rigidez y resistencia de las paredes es máximo, el aporte de los pórticos todavía es bajo, mientras que, si se logra desarrollar plenamente la capacidad prevista en los pórticos, las paredes no podrán acompañarlos y quedarán totalmente destruidas.

El autor refuta, en primer término, la idea de que "muchas estructuras tuvieron un buen desempeño, ya que no se observaron daños ni siquiera en las paredes de mampostería". Señala que, en el nivel de deriva relativa donde la mampostería no presenta daños (hasta un 0,001-0,002), la contribución de los miembros del pórtico es mínima. Hasta ese punto, las columnas y vigas solo han ayudado en la distribución de las tensiones a lo largo de la mampostería, la cual absorbe casi la totalidad de las cargas laterales. Por lo tanto, si hubo un sismo fuerte y las paredes no se agrietaron, no es porque la estructura funcionó bien, sino porque la mampostería participó como estructura mientras los pórticos no ejercieron su función prevista.

Refuta también la idea de que "muchos edificios experimentaron únicamente daños no estructurales, sólo es necesario reparar las paredes, preferiblemente separarlas o usar materiales más flexibles". Señala que, en muchos edificios con daños leves a moderados en la tabiquería de mampostería, especialmente en edificaciones de baja altura y estructuras antiguas previas a las normativas modernas, los elementos resistentes principales fueron precisamente las paredes de

mampostería. Muchas paredes degradadas por el sismo solo recibirán reparaciones cosméticas, mientras que otras serán reemplazadas con materiales distintos, y ambas acciones cambiarán el desempeño de los edificios ante futuros terremotos.

A continuación, refuta la idea de que "el edificio tuvo el buen desempeño esperado, porque no colapsó. Los daños estructurales cumplen con el criterio de seguridad de vida previsto en las normas y son aceptables". Señala que la seguridad del edificio suele estar dominada por los elementos de mampostería en lugar de los miembros estructurales. Aunque la estructura principal alcance la capacidad de prevención de colapso, el nivel de desempeño de "seguridad de vida" en los elementos de mampostería se excederá mucho antes de que la estructura disipe una cantidad razonable de energía por deformación inelástica. La destrucción de los elementos de mampostería puede presentarse ante sacudidas entre 4 y 6 veces menores que las utilizadas como cargas de diseño.

Por último, refuta la idea de que "un factor de irregularidad que incremente las acciones en 1,3 veces cubre el incremento en la demanda, resultando en una estructura segura". Señala que, si el desempeño está dominado por los elementos de mampostería, afectando la resistencia, la rigidez, el período y la ductilidad, la capacidad global en el nivel de seguridad de vida o prevención de colapso podría ser 10, 15 o 20 veces menor que la seleccionada para el diseño. El autor presenta un ejemplo numérico: en una estructura diseñada con un factor de reducción R igual a 6, una columna cautiva a media altura que afecte al 30% de las columnas en un nivel hará que estas fallen por corte, de forma frágil y sin ductilidad. Esto ocurrirá cuando el resto de las columnas aún no hayan comenzado a trabajar debido a su rigidez relativa. En consecuencia, la capacidad global a corte se reducirá a $V_f = (30\% / R) \times V_n = 0,05 V_n$. La capacidad global final será, así, 20 veces menor que la capacidad nominal esperada por los diseñadores.

El autor formula recomendaciones concretas y accionables. Concluye que, frente a la comprobada incompatibilidad de deformaciones entre los pórticos dúctiles y las paredes de mampostería, resulta imperativo insistir en el aislamiento efectivo de las paredes respecto a los pórticos o, en su defecto, considerar estructuras mucho más rígidas que puedan dominar el desempeño y minimizar la contribución de las paredes en la rigidez del edificio. Para controlar el daño en la mampostería sin fines estructurales, recomienda reducir las derivas admisibles de diseño a un máximo de $\delta/H = 0,006$. El autor enfatiza que ignorar estas evidencias históricas perpetúa vulnerabilidades estructurales que han resultado letales en sismos anteriores. Se trata de un cambio de paradigma y un trabajo interdisciplinario que demanda la atención de ingenieros y arquitectos responsables de proyectar y construir en zonas sísmicas. El autor concluye con una reflexión que sintetiza el sentido de su propuesta: "Debemos entender que, o cambiamos la forma de diseñar y construir nuestros edificios, o sismo tras sismo seguiremos tropezando con la misma piedra, o quizá sea mejor decir: con la misma pared no estructural".

"Respuesta estructural y control de calidad en obra. Lecciones, debilidades y cambios necesarios tras el terremoto de La Guaira 24 de junio 2026" (Bonilla, 2026). Este trabajo aborda la calidad de la ejecución y el control de calidad en obra. El trabajo se concentra en la verificación empírica de las deficiencias constructivas observadas en edificaciones colapsadas y no colapsadas del estado La Guaira. Su aporte principal es la documentación sistemática de errores de ejecución (ligaduras mal dispuestas, ganchos a 90° en lugar de 135°, ausencia de confinamiento en nodos, exceso de barras en empalmes, tuberías atravesando vigas y columnas, corrosión generalizada) y la formulación de propuestas concretas de ajuste normativo y de gobernanza para mejorar la calidad de las construcciones.

El autor parte de una constatación fundamental: la calidad en ejecución de la estructura termina siendo la responsable del comportamiento real de toda edificación correctamente diseñada. Distintas disciplinas profesionales juegan un papel esencial en el comportamiento de las edificaciones ante eventos naturales: la arquitectura inicia determinando las formas geométricas en planta y elevación, la geotecnia evalúa la morfología y geología del suelo, el ingeniero estructural desarrolla el diseño soportado en normas y reglamentos, la construcción requiere permisos otorgados por las ingenierías municipales, y el constructor, con su respectiva supervisión y control de calidad, tiene la responsabilidad de llevar a cabo el proyecto siguiendo los parámetros establecidos. Sin embargo, al final toda estructura responderá a como fue construida, consecuentemente el rol de los ingenieros residentes e inspectores, técnicos y laboratorios de materiales resulta esencial para asegurar que la edificación sea ejecutada tal como fue proyectada y se comporte conforme fue previsto en el diseño estructural.

El autor reconstruye con precisión la evolución de las normas venezolanas. Las normas que consideraron el tema de sismicidad inician con el Ministerio de Obras Públicas (MOP) hacia 1933, con actualizaciones en 1947 y 1955, todas bajo Teoría Clásica. El terremoto de Caracas de 1967 motivó una actualización que fue reeditada en 1968 manteniendo la Teoría Clásica, a pesar de que se contaba con una versión en teoría de rotura que no fue aceptada por la comisión respectiva. Las resistencias de concretos se proponían desde 180 kgf/cm², el acero en estribos y ligaduras con diámetro mínimo 6 mm y en columnas con separación constante en toda su altura. A mediados de 1985 las normas MOP pasan a ser sustituidas por la norma COVENIN 1753-85, basada en especificaciones ACI (American Concrete Institute) 318-83, que se soporta en Teoría de Rotura y mantiene que los empalmes por solape del acero longitudinal de columnas arranquen a nivel de piso.

Para el caso de columnas, las ligaduras se aceptan desde 6 mm para barras principales de 1,58 mm (1/2") y a partir de este diámetro ligaduras (y estribos también) de 9,50 mm (3/8"). La norma refiere ganchos a 135° en ligaduras de columnas; además que cada barra esquinera cuente con un cierre de ligadura a 135°, pero presenta detalles generales en dibujos de ligaduras con ganchos a 90°. También contempla armadura transversal de confinamiento en junta viga-columna. La

resistencia del concreto para diseño (f'_c) la refiere mayor de 200 kgf/cm² y acero con cedencia 4200 kgf/cm². En lo relativo a sismorresistencia, las normas MOP de construcción incluían aspectos básicos de zonificación; hacia 1980 se incorpora la Norma COVENIN 1756 (80-82) Edificaciones Antisísmicas; revisada en 1997 tras el terremoto de Cariaco, renovada en 2001 y actualizada en 2019 con mejoras sustanciales incluyendo la microzonificación.

El autor precisa que entre un 55% y un 65% de las edificaciones de La Guaira fueron desarrolladas bajo normas MOP, mientras un 40% bajo directrices COVENIN. Los urbanismos más afectados cuentan con construcciones que datan desde los 70, con picos entre los 70 y 80, para caer entre 1990 y 2010 cuando inicia un crecimiento importante. En lo relativo a resistencias, hasta la década de los 80 correspondía a un valor medio referencial 200 kgf/cm², y a partir de esta década se pasó a 250 kgf/cm²; mientras las barras de acero desde los 60 hasta mediados de los 70 tenían cedencia 2100 kgf/cm², para pasar a 4200 kgf/cm². En lo relativo a empalmes por solape de barras longitudinales en columnas, desde los años 60 estaban previstas arranque a nivel de piso con ligaduras a distancias iguales en toda la altura (40-60 cm) y cierres con ganchos a 90°. A partir de 1980 estos empalmes por solape a nivel piso son reubicados en los 2/3 centrales de la altura de columna; con la finalidad de facilitar las inflexiones precisamente en el centro, dado que los momentos sísmicos consecuencia de fuerzas cortantes en los extremos tienden a ser nulos en este sector.

El autor describe con detalle los patrones de colapso observados. En gran parte de los edificios colapsados resalta el impacto instantáneo a corte en columnas del primer nivel (planta baja) que no tuvieron capacidad y rigidez necesaria; consecuentemente la estructura pasó de manera inmediata a un colapso por volcamiento. En otros casos las columnas no contaron con la capacidad de resistir la carga a compresión de una aceleración vertical que escapó a cualquier previsión; si varias columnas cercanas y/o en la misma línea vertical presentaron similar respuesta y el concreto fracturado en ellas no quedaba confinado, el colapso vertical resultaba incontrolable. Muchos sectores cuentan con afectación de edificios aporticados de planta rectangular y elevación relativamente sencilla colapsados en serie; de manera general tenían altura entre 24 y 45 m; mientras los de mayor número de niveles o no tan cercanos a las zonas de desastre presentaron daños graves en columnas, vigas, losas y mampostería, hasta los niveles 8 y 12. También se presentaron casos de edificios colapsados que contaron con niveles de sótanos, que pueden ser agrupados en colapso total (súper estructura) por volcamiento, colapso total vertical y colapso parcial de súper estructura nivel único. Las variables generales que podían justificar las formas de colapsos descritas pasaron a ser un muro que circunda en al menos tres caras del perímetro y/o en las dimensiones en secciones de columnas de sótanos superiores a las de planta baja.

El autor reporta las resistencias de concreto y acero evaluadas mediante extracción de núcleos y estudio esclerométrico en un alto porcentaje de edificaciones colapsadas e incluso no

colapsadas. En los años 60 se cuenta con un promedio en resistencia de 200 kgf/cm², pasando entre los 70 y 90 a 230 kgf/cm² (mínimo 220 kgf/cm²). Para el período 1990-2000 se ha obtenido una media de 260 kgf/cm² (mínimo 240 kgf/cm²), pasando a 265 kgf/cm² entre 2000 y 2010, y para el lapso 2010-2020 270 kgf/cm² con valor mínimo 240 kgf/cm². Con relación al acero, a la fecha solo han sido ensayadas 4 barras: una de un edificio colapsado de los años 60 con cedencia 2100 kgf/cm², y tres piezas correspondientes al período 2010-2020 con cedencia 4200 kgf/cm². En edificios colapsados de períodos 1990-2020 es posible observar en sus aceros la rótula del fabricante correspondiente a aceros S60 (f_y 4200 kgf/cm²). Consecuentemente, en lo referente a las características de los materiales (concreto y acero), hasta el momento actual se determina que están dentro de valores normativos, aunque la información del diseño estructural se hace necesaria pero no resulta sencillo conseguirla.

El autor analiza con detalle los errores en ejecución. Uno de los aspectos que han destacado en las evaluaciones realizadas sobre las estructuras afectadas en el Estado La Guaira es que las edificaciones construidas antes de los años 80 de manera general cumplen con las prescripciones normativas verificables; en especial separaciones de ligaduras en columnas, cierre o gancho a 90°, empalmes por solape que arranca a cota del piso. Consecuentemente, en lo relativo a construcción, pareciera que en esos años el control de ejecución era correcto. Además, la evaluación de calidad en ejecución en lo referente a distintos detalles constructivos a partir de 1980, evaluado en 44 edificios con daños graves o edificios colapsados, permite adelantar ideas en lo que se refiere a construcción y supervisión de la misma por el exceso de debilidades observadas. Resalta en la data que al menos 30 edificios construidos después de 1980 no cumplieron con los cierres a 135° en las ligaduras de columnas: el 93% no los cumplió, y la presencia de ligaduras en nodo fue incumplida en un 93% de estas construcciones, con el detalle de que aquellas que cumplieron con ligaduras en el nodo cuentan con errores de mala ejecución. Adicionalmente, en el 95% de los casos estudiados cuenta con exceso de barras en los empalmes de vigas y/o columnas, condición que afectó la adherencia entre el concreto disminuyendo la sección de estos elementos estructurales colapsados.

El autor identifica un error recurrente y particularmente peligroso: la práctica de empalmar todas las barras de una columna en el mismo entrepiso, especialmente en los 2/3 centrales de la altura. Esta práctica, aunque permitida por algunas interpretaciones normativas, genera zonas con potencial de falla debido al exceso de barras no confinadas por el concreto. El autor también reporta la presencia de tuberías que atraviesan vigas y/o columnas, condición que por lo general no viene contemplada en el diseño estructural. Y advierte sobre la corrosión generalizada: todos los edificios evaluados presentan corrosión en sus aceros. En los cercanos a la costa como consecuencia de contaminación ambiental por cloruros; pero todos los edificios con sótanos (colapsados o no) evaluados tienen alto nivel de afectación por carbonatación y consecuente corrosión en el acero con delaminación del recubrimiento al menos en estos espacios. Los estudios

realizados en estructuras lejanas a la zona costera demostraron también afectación por carbonatación con delaminación y corrosión del acero. En términos generales, esta situación se ha detectado en el 100% de los edificios visitados en La Guaira (y Caracas) independiente de su condición post sismo.

Las propuestas de ajuste normativo y de gobernanza formuladas por el autor se abordan en el apartado 3.2.

3.1.2. Evaluación masiva de daños y desempeño por tipología estructural

"El terremoto de La Guaira" (López et al., 2026), elaborado por el Comité Técnico Asesor del Terremoto bajo la coordinación de la Comisión Presidencial para la Evaluación de Habitabilidad de Infraestructuras, aporta el cuerpo de evidencia empírica más extenso del evento. La inspección de 63.070 edificaciones a nivel nacional, con 18% de Etiqueta Roja y 24% de Etiqueta Amarilla, y 1.529 colapsos totales o parciales) de los cuales 1.159 corresponden al estado La Guaira y 143 al área metropolitana de Caracas), constituye la base cuantitativa que permite dimensionar la magnitud del desastre y verificar los patrones de daño identificados en los apartados anteriores. El trabajo aborda, en este apartado, la evaluación de las edificaciones colapsadas y dañadas, los patrones de falla, la distribución de colapsos por altura y antigüedad y el desempeño diferenciado por tipología estructural. La respuesta institucional, el protocolo de evaluación de habitabilidad y la propuesta de Norma Sismorresistente de Emergencia se abordan en los apartados 5.2 y 3.2, respectivamente.

La distribución de los colapsos por altura y antigüedad revela datos de gran relevancia para la discusión sobre vulnerabilidad. Del total de colapsos, 53% corresponden a edificaciones de 1 a 3 pisos, 31% a edificaciones de 4 a 7 pisos y 16% a edificaciones de 8 pisos o más. Por antigüedad, 52% fueron construidas entre 1968 y 2001, 32% entre 2002 y 2020, 13% antes de 1967 y 3% después de 2021. Esta distribución demuestra que el colapso no fue un fenómeno exclusivo de edificaciones antiguas: un tercio de los colapsos correspondió a edificaciones construidas después de 2001, es decir, bajo normas sismorresistentes modernas. Este hallazgo es consistente con lo documentado en los apartados precedentes sobre el desempeño deficiente de las edificaciones modernas en La Guaira.

Los modos de falla documentados sistemáticamente por el Comité Técnico Asesor incluyen fallas por compresión de columnas (con pérdida de recubrimiento, trituration del núcleo y pandeo de barras longitudinales), rótulas plásticas en columnas y vigas, fallas por corte (incluyendo el efecto de columna corta), fallas en nodos viga-columna por agrietamiento diagonal y trituration del concreto, y anclajes deficientes del refuerzo longitudinal. La documentación fotográfica de estos mecanismos en numerosas edificaciones del litoral confirma que los patrones de daño identificados por Lafuente (2026), Urich (2026), Fargier-Gabaldón et al. (2026, Cap. 11) y Bonilla (2026) no fueron casos aislados, sino manifestaciones de vulnerabilidades sistémicas en el diseño y la construcción del parque edificado. Los mismos mecanismos se manifestaron en el patrimonio religioso, aunque agravados por

la fragilidad de las técnicas constructivas antiguas y por la ausencia de diafragma rígido en techos, lo que permitió que los muros vibraran de forma independiente y que los elementos esbeltos amplificaran las aceleraciones (Balza y Montecalvo, 2026). La incompatibilidad entre refuerzos históricos de distinta rigidez y la degradación acumulada por falta de mantenimiento completan un cuadro de vulnerabilidad que requiere estrategias de intervención específicas para el patrimonio construido.

El desempeño diferenciado por tipología estructural es uno de los aportes principales de este trabajo. En los nueve complejos OPPPE (Oficina Presidencial de Planes y Proyectos Especiales) de La Guaira, con 43 torres de 12 pisos, se registraron 16 colapsos totales y 3 parciales. La totalidad de las torres colapsadas correspondió a la tipología de Torre Doble (16 colapsos de 32 torres, 50%), mientras que la tipología Torre Simple no registró colapsos (0 de 11 torres, 0%). La dirección de colapso coincidió con la dirección débil de las columnas en 14 de las 16 torres colapsadas. Este comportamiento diferenciado, cuya causa es objeto de investigación en curso, evidencia que la configuración estructural (y no solo la calidad de los materiales o la intensidad del movimiento) condicionó el desempeño de las edificaciones. El sistema SUMMA del Urbanismo Hugo Chávez comprende 193 edificaciones construidas con perfiles de acero ligero galvanizado. El colapso de al menos un nivel alcanzó 66,7% en la Etapa 1, 13,2% en la Etapa 2 y 36,2% en la Etapa 3. Las diferencias entre etapas, asociadas a la presencia o ausencia de diagonales de arriostramiento en la planta baja y a las condiciones del terreno, refuerzan la importancia del detallado estructural y de las condiciones de sitio en el desempeño sísmico.

La evaluación abarcó 660 viviendas populares en el sector Playa Verde, en la parroquia Urimare del estado La Guaira. De ese total, el 39,55% recibieron Etiqueta Roja o colapso, y el 74,24% presentaron algún grado de afectación. Este hallazgo es particularmente relevante porque las viviendas populares, construidas sin cumplimiento estricto de las normas técnicas ni supervisión de ingenieros colegiados, constituyen el tipo de edificación más vulnerable y más extendido en los asentamientos espontáneos del país. La evaluación de edificaciones esenciales y patrimoniales completa el panorama: de 2.205 planteles educativos inspeccionados, 171 recibieron Etiqueta Roja y 467 Etiqueta Amarilla, con 9 colapsos totales o parciales; de 433 edificaciones médico-asistenciales inspeccionadas en 6 estados, 3 colapsaron, 34 recibieron Etiqueta Roja y 71 Etiqueta Amarilla. El colapso del Centro de Atención Psicofamiliar El Niño y el Mar en Catia La Mar causó la muerte de 16 niños y 3 profesionales de la salud. Se identificaron 55 edificaciones patrimoniales e históricas con daños, incluyendo la Catedral de Caracas, la Escuela de Música Pablo Castellanos, la Iglesia de San José de Narauli y el Palacio de las Academias.

La evaluación de las edificaciones de pórticos de concreto reforzado confirma que su flexibilidad excesiva condujo a numerosos colapsos y al derrumbe de paredes de mampostería de relleno, que causaron muchas víctimas. Las edificaciones con muros de concreto reforzado presentaron, en general, un

mejor desempeño, aunque con diferencias asociadas a la configuración y continuidad de los muros, el detallado sísmico, la calidad constructiva, las condiciones geotécnicas y el deterioro previo. Los sistemas con muros continuos y bien distribuidos en ambas direcciones mostraron un comportamiento más favorable. Esta evidencia empírica respalda las recomendaciones formuladas en los apartados precedentes sobre la necesidad de promover estructuras más rígidas y de controlar el daño en la mampostería.

La evaluación de las edificaciones colapsadas y dañadas ratifica la recurrencia de las deficiencias documentadas por Bonilla (2026). En las torres OPPPE se identificaron estribos con ganchos doblados a 90° en lugar de los 135° exigidos por la norma, ausencia de confinamiento en nodos viga-columna y anclajes deficientes del refuerzo longitudinal de vigas, con barras ubicadas por fuera del núcleo de la columna. En las edificaciones del sistema SUMMA se observó corrosión de pernos de anclaje y distancias al borde insuficientes, así como pandeo de diagonales y doblez de montantes en la planta baja.

El análisis de daños a escala nacional aporta evidencia adicional sobre la influencia de las condiciones de sitio. Los mayores daños se concentraron en zonas con mayores espesores de sedimentos, como Caraballeda y Altamira-Los Palos Grandes-San Bernardino, pero también en las mesetas de Playa Grande y Mamo, donde los efectos topográficos pudieron amplificar el movimiento. Se observó menos daño en las construcciones ubicadas en la base de las montañas, lo que confirma que las zonas rocosas experimentaron amplitudes menores. En Camurí Chico se documentaron manifestaciones de licuación en estratos confinados, con hundimiento del terreno y agrietamientos compatibles con desplazamiento lateral, lo que refuerza la necesidad de incorporar la caracterización geotécnica detallada en la microzonificación de La Guaira. El trabajo documenta además que en las mesetas de Playa Grande y Mamo se registraron daños devastadores que podrían estar asociados a efectos de amplificación topográfica, con desniveles superiores a 50 metros y fuertes pendientes en las direcciones norte-sur y este-oeste.

El Capítulo 11 del informe GEER, titulado **"Impactos en edificios de ingeniería"** (Fargier-Gabaldón et al., 2026, Cap. 11), documenta los impactos del evento del 24 de junio de 2026 en el parque construido venezolano. El capítulo documenta la evidencia de campo de los daños en edificios, instalaciones esenciales, muros e infraestructura, y analiza un caso de estudio: la interacción estructura-suelo-estructura en el complejo residencial de Playa Grande, Catia La Mar.

Los autores describen los 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, Residencias San Jorge en Playa Escondida, Residencias Sol Marino Garden en Catia La Mar, Residencias Don Peppino en Los Corales, Residencias Costa Azul en Los Corales, Centro Comercial IP5 en Caraballeda y Edificio Auomar en Caraballeda. 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. 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.

Los autores también reportan los daños en instalaciones esenciales, como los hospitales. El Hospital Dr. Francisco A. Rísquez en Caracas y el Hospital San José en Maiquetía presentaron daños. En el caso del Hospital San José, los daños se concentraban en las columnas del tercer piso del edificio de cuatro plantas, que tenía aproximadamente 70 años de antigüedad. Otro caso que involucró instalaciones esenciales fue el de la Terminal Catia La Mar, donde 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.

Los autores analizan cómo 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. 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. También se observaron daños en muros en varios lugares de Caracas, así como fallas de taludes localizadas a lo largo de la carretera Junquito-Colonia Tovar cerca de la frontera entre La Guaira y Caracas.

El capítulo dedica una sección sustantiva al análisis de la interacción estructura-suelo-estructura en el complejo residencial de Playa Grande, Catia La Mar. El caso de estudio 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. 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 porque su disposición es similar a la configuración utilizada en estudios idealizados de interacción entre estructuras vecinas. 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.

Los autores verificaron que 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. 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 puede modificar el movimiento del terreno y afectar a las estructuras vecinas.

Los autores describen el patrón de daño observado. 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. Los daños podrían no distribuirse al azar. Las unidades que colapsaron parecen hacerlo en grupos. 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.

Los autores explican que se ha reportado 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, el cual ha sido observado experimentalmente en sitios instrumentados y reproducido en modelos físicos de pequeños conjuntos de edificios.

Los autores ofrecen una 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 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 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 evolución de los códigos de diseño sísmico y la propuesta de Norma Sismorresistente de Emergencia se abordan en el apartado 3.2.

3.2. Normativa sismorresistente y control de calidad

"Los terremotos del 24 de junio de 2026 en Venezuela. Revisión de la fuente sísmica, efectos de campo cercano, respuesta de sitio y lecciones para la normativa sismorresistente" (Genatios y Lafuente, 2026). Este trabajo articula la revisión de la fuente sísmica y los efectos de campo cercano con las implicaciones normativas para el diseño sismorresistente en Venezuela. Su aporte principal es la formulación de una agenda de revisión de la Norma COVENIN 1756-1:2019 que incorpora explícitamente los criterios de campo cercano, directividad, pulsos de velocidad, desplazamiento tectónico permanente y carga secuencial, a partir de las lecciones de casos internacionales (Valdivia, Northridge, Kobe, Chi-Chi, Turquía) y de la evidencia disponible del evento de 2026.

Los autores parten de una constatación fundamental: la ingeniería sísmica suele comenzar con una pregunta aparentemente simple (cuál fue la magnitud del terremoto y a qué distancia ocurrió), pero para el doblete venezolano del 24 de junio de 2026 esa formulación es insuficiente. Dos eventos de gran magnitud ocurrieron en un intervalo muy corto, afectaron un sistema de fallas de cientos de kilómetros de extensión regional y produjeron una distribución de daños cuya

severidad en La Guaira y Caracas llamó la atención desde las primeras horas. En una secuencia así, la noción de un único epicentro como centro geométrico del problema puede inducir a interpretaciones engañosas. Un terremoto de Mw 7,5 no es una fuente puntual: la ruptura ocurre a lo largo de una superficie extensa, el deslizamiento no es uniforme y la energía no se irradia de la misma manera en todas las direcciones.

Los autores reconstruyen la evolución de las soluciones del USGS para el evento Mw 7,5. La solución pasó de una localización cercana a Yumare a una ubicación aproximadamente 17 km al oeste de Catia La Mar, con un desplazamiento del punto preferido del orden de 140 km. Esta documentación es fundamental para comprender la incertidumbre asociada a las soluciones rápidas y la importancia de trabajar con modelos de falla finita en lugar de representaciones puntuales. La incorporación de información adicional, incluyendo observaciones InSAR de NISAR, permitió refinar el modelo de falla finita, particularmente en el tramo oriental de la ruptura. Los datos satelitales aportan una pieza independiente de evidencia: NASA informó que NISAR observó desplazamiento especialmente intenso cerca de Caracas y La Guaira, con movimientos horizontales de hasta aproximadamente 60 cm al sur de un segmento oriental, y que esos datos fueron utilizados por el USGS para refinar el modelo de falla finita.

Los autores distinguen con claridad los fenómenos que deben diferenciarse al hablar de campo cercano. La directividad hacia adelante ocurre cuando la ruptura se propaga hacia el sitio a una velocidad comparable con la de las ondas de corte. Parte de la energía radiada en diferentes instantes llega comprimida en el tiempo y puede formar un pulso grande, especialmente en la componente aproximadamente normal a la falla. El parámetro más intuitivo es el período del pulso, T_p . Si T_p se aproxima al período fundamental de una estructura o a períodos alcanzados durante la degradación no lineal, el desplazamiento y las demandas de ductilidad pueden crecer. Para edificios de mediana altura, puentes y sistemas aislados, los períodos de uno a varios segundos son particularmente relevantes. Esto conecta la fuente con el sitio: los depósitos sedimentarios de La Guaira muestran períodos predominantes que también se ubican en el rango aproximado de un segundo o más. Una evaluación completa debe estudiar si fuente, suelo y estructura se alinearon en bandas de período desfavorables, en lugar de atribuir el daño a un único mecanismo.

Los autores también examinan el fling-step, o desplazamiento tectónico permanente del terreno, que se origina en el desplazamiento irreversible asociado con la ruptura de la falla y es distinto de la directividad de ruptura, aunque ambos efectos pueden coexistir. El desplazamiento tectónico permanente puede manifestarse mediante un pulso de velocidad predominantemente unidireccional que conduce a un desplazamiento final no nulo del terreno, condición que puede ser especialmente relevante para puentes, tuberías, muelles, juntas, apoyos y otros sistemas con capacidad limitada para acomodar grandes desplazamientos permanentes. La componente vertical también puede ser relevante cerca de la fuente. En códigos ordinarios suele recibir un tratamiento

simplificado respecto de las componentes horizontales, pero en instalaciones críticas, puentes, elementos en voladizo, conexiones y equipos sensibles puede afectar fuerzas axiales, fricción y capacidad de apoyo.

Los autores analizan la combinación particular de La Guaira, donde la franja entre la montaña y el mar está construida sobre conos aluviales y depósitos costeros de gran espesor. La geomorfología que permitió crear superficies relativamente planas para urbanizar es precisamente la que produce fuertes contrastes de impedancia y cuencas sedimentarias profundas. Cuando una ruptura importante ocurre cerca de esos depósitos, el movimiento que llega desde la fuente puede ser modificado en amplitud, duración y contenido frecuencial antes de alcanzar las edificaciones. Los períodos de vibración del terreno entre 0,9 y 1,8 s son relevantes para edificios intermedios. Esto no significa que todos los edificios de ese rango deban entrar en resonancia, porque el período estructural varía con altura, rigidez, sistema resistente, mampostería y daño. Sin embargo, identifica una banda que debe estudiarse con especial atención en la reconstrucción del movimiento y en la microzonificación. El nivel freático somero introduce otra dimensión: suelos granulares saturados pueden ser susceptibles a licuación y a desplazamiento lateral, especialmente cerca de la costa, canales, muelles y rellenos.

Los autores tratan el doblete como un problema de carga secuencial. La ingeniería normativa suele definir acciones sísmicas mediante un terremoto de diseño o un conjunto de registros independientes. Un doblete fuerte introduce una pregunta distinta: qué ocurre cuando un segundo movimiento severo llega antes de que el sistema haya recuperado un estado elástico o estable. Esta condición puede importar en edificios con degradación cíclica, marcos de concreto con daño en nudos o columnas, mampostería de relleno que pierde rigidez, disipadores que acumulan demanda, aisladores con desplazamiento residual y puentes con apoyos parcialmente desplazados. El efecto no debe generalizarse sin evidencia. Algunas estructuras pueden completar el primer movimiento con daño mínimo y responder al segundo casi como si fuera un evento aislado. Otras pueden experimentar una reducción sensible de rigidez o resistencia. Para responder a esta pregunta se requieren pares de historias temporales que representen ambos sismos en el mismo sitio y respeten el intervalo real entre ellos.

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

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

Los autores estudian casos internacionales que cambiaron la forma de tratar el campo cercano. Northridge 1994 y el UBC 1997 introdujeron factores de cercanía a falla N_a y N_v , que dependían del tipo de fuente y de la distancia, y podían aumentar de forma importante la demanda, especialmente la asociada a velocidad y períodos intermedios. Kobe 1995 mostró la capacidad destructiva de movimientos cercanos a una falla en un entorno urbano y de cuenca compleja. Chi-Chi 1999 generó una extensa ruptura superficial y registros de campo cercano excepcionales, y Taiwán revisó sus procedimientos de fuerza sísmica y espectros con atención expresa al efecto cercano a falla. Nueva Zelanda incorporó un factor de cercanía $N(T,D)$ en NZS 1170.5:2004, pero estudios recientes advierten que, si la directividad ya está incorporada en el modelo probabilístico de amenaza, añadir un factor adicional puede contar dos veces el mismo fenómeno. Kahramanmaraş 2023 constituye un caso contemporáneo de doblete, ruptura extensa y pulsos de campo cercano, y confirma que un terremoto grande no puede representarse mediante un único epicentro; la distancia relevante para el diseño es la relación entre la estructura y la superficie de ruptura. Valdivia 1960 demuestra que, especialmente en terremotos de gran magnitud, la evaluación de los efectos de campo cercano no debe basarse exclusivamente en la distancia al epicentro, sino en parámetros como la distancia mínima a la superficie de ruptura, y en la geometría y extensión de la fuente.

Los autores proponen una agenda de revisión de la normativa sísmica venezolana estructurada en siete prioridades: (1) restablecer la red acelerográfica y estaciones de referencia en roca/suelo; (2) actualizar el mapa de fallas activas y geometrías de fuente; (3) microzonificación vinculante de La Guaira y actualización de Caracas; (4) definir un disparador normativo de estudio near-fault; (5) incorporar directividad al Análisis Probabilístico de la Amenaza Sísmica (PSHA) y selección de registros; (6) requisitos de recuperación funcional para infraestructura crítica; y (7) programa de investigación del doblete 2026. Los autores señalan que la revisión posterior a 2026 debe considerar dos riesgos opuestos: concluir que toda la norma falló porque hubo colapsos, o asumir que, por existir disposiciones sobre cercanía de fallas, no hace falta aprender nada nuevo. Un terremoto que revela una fuente urbana cercana, pulsos plausibles y una gran carencia instrumental justifica revisar tanto el articulado como los mecanismos de implementación.

La revisión de la fuente sísmica y los efectos de campo cercano realizada por Genatios y Lafuente (2026) coincide con la evidencia documentada por el Capítulo 8 del informe GEER

(Varela et al., 2026, Cap. 8), relativa a ruptura superficial y desplazamientos cosísmicos. Coincide también con el inventario de manifestaciones de licuación del Capítulo 9 (Montalva et al., 2026, Cap. 9). La caracterización de la directividad, los pulsos de velocidad y la carga secuencial realizada por Genatios y Lafuente (2026) coincide con el análisis de los mecanismos de ruptura (sub-shear y super-shear) y la superposición de ondas realizado por Echezuría (2026). La documentación de la ruptura del cable submarino SAC a 1,8 km de Puerto Viejo y de los daños en la infraestructura de Catia La Mar realizada por Páez-Pumar (2026) confirma la exposición de la infraestructura vital a los efectos de campo cercano.

La propuesta de De Viana (2026) de incorporar el principio de recuperación funcional (Functional Recovery) en los códigos normativos nacionales de edificación y telecomunicaciones amplía la agenda de revisión de la Norma COVENIN 1756-1:2019 formulada por Genatios y Lafuente (2026). Mientras Genatios y Lafuente se concentran en los criterios de campo cercano, directividad, pulsos de velocidad y carga secuencial, De Viana extiende la revisión hacia el desempeño operacional continuo de las instalaciones nodales. Ambos trabajos coinciden en la necesidad de superar el paradigma de la preservación de la vida como único criterio de diseño.

"Manual monográfico de resiliencia urbana y blindaje estructural sismorresistente. Análisis de los colapsos en Caracas y La Guaira bajo la normativa NCh433" (Rebonatto, 2026). Este trabajo aplica el modelo normativo chileno (NCh433, NCh430, NCh203, NCh204 y DS 61) al análisis de los colapsos observados en Caracas y La Guaira durante el evento del 24 de junio de 2026. El manual propone una hoja de ruta que articula la ingeniería de ductilidad y continuidad, la gobernanza preventiva y la rentabilidad macroeconómica de la prevención.

El autor parte de una constatación fundamental: el parque estructural construido en Venezuela durante la segunda mitad del siglo XX presenta vulnerabilidades sísmicas críticas, evidenciadas históricamente por colapsos catastróficos como el del Hotel Macuto Sheraton durante el sismo de Caracas de 1967. Las inspecciones post-sismo, fundamentadas en los protocolos de FUNVISIS y el IMME-UCV, han diagnosticado de manera precisa patologías letales como la irregularidad de "piso blando" y la falla frágil por ausencia de confinamiento transversal en columnas. Sin embargo, el diagnóstico técnico reactivo resulta estructuralmente insuficiente para salvaguardar la vida humana y el patrimonio ante futuros eventos tectónicos. Este manual plantea una evolución integral en la ingeniería nacional: la unificación de los criterios de inspección ex-post de Venezuela con la estricta gobernanza de diseño preventivo (ex-ante) establecida por el modelo normativo chileno. La tesis central es transformar el diagnóstico de vulnerabilidad (como el etiquetado de habitabilidad) en un disparador legal vinculante que obligue a ejecutar proyectos de reingeniería y reforzamiento (retrofitting) bajo el principio de responsabilidad solidaria.

El autor desarrolla un hilo conductor multidisciplinario estructurado en cuatro capítulos. El Capítulo 1 diagnostica la mecánica del colapso histórico por discontinuidad de rigidez vertical (piso blando) y demuestra cómo las exigencias de muros de corte continuos del modelo chileno anulan este riesgo. El autor documenta con detalle el caso del Hotel Macuto Sheraton, ubicado en el sector Caribe de Caraballeda, diseñado y construido en 1955. La torre contaba con 11 pisos sobre el nivel del terreno, con una configuración estructural de concreto armado que presentaba una discontinuidad severa de sus elementos resistentes: los niveles superiores (pisos 5 al 9) estaban rigidizados mediante densos muros de concreto armado combinados con pórtico; los niveles inferiores (Nivel Playa/Semisótano, Lobby y Mezzanina) dependían exclusivamente de un sistema de pórticos puros, sustentados por columnas circulares de 1.10 metros de diámetro en el nivel Mezzanina. Durante el sismo de Caracas del 29 de julio de 1967, la abrupta transición de rigidez convirtió a los niveles inferiores en un clásico mecanismo de "Piso Blando". El Nivel Mezzanina (Piso 3) del Módulo Central fue identificado como el Piso Crítico: de un total de 24 columnas examinadas en dicho nivel, 14 columnas (58%) sufrieron daño estructural calificado como Severo o Completo; solo 4 columnas (17%) presentaron daño Moderado y 6 columnas (25%) quedaron en estado Sin Daño o Leve. Las columnas circulares experimentaron fallas violentas por esfuerzo cortante, caracterizadas por un agrietamiento diagonal severo, desprendimiento masivo del recubrimiento de concreto y el consecuente pandeo de las barras de acero de refuerzo longitudinal debido a un confinamiento transversal insuficiente. Al menos el 55% de las vigas del nivel Mezzanina manifestaron agrietamientos por flexocortante. Se registró el colapso generalizado de los cielos rasos en las áreas del Lobby, la cocina y el Nivel Playa, además de fallas por cortante en las paredes de relleno y la tabiquería de los ascensores. A pesar de albergar a 1.200 personas al momento del evento, el colapso de estos componentes no estructurales provocó de forma directa 2 fallecimientos. La evaluación post-sísmica en los alrededores del hotel evidenció un peligro geológico-geotécnico calificado como Medio/Moderado, gatillado por el fenómeno de licuación del suelo costero.

El autor contrasta este caso histórico con el tratamiento técnico bajo el enfoque sísmico chileno. Si el Hotel Macuto Sheraton hubiese sido parametrizado, calculado y fiscalizado bajo las exigencias de la gobernanza de ingeniería chilena, el comportamiento de la estructura habría cambiado de forma radical. La norma de diseño sísmico chilena NCh433 prohíbe explícitamente o penaliza de forma drástica en el espectro de diseño las irregularidades estructurales verticales del tipo "piso blando". Bajo este estándar, los muros de concreto armado dispuestos entre los pisos 5 y 9 habrían sido obligados a continuar verticalmente de forma ininterrumpida hasta llegar al sistema de fundaciones. Esta densificación basal dota al edificio de una rigidez lateral uniforme, distribuyendo el esfuerzo de corte basal a lo largo de toda la altura y eliminando el punto crítico de concentración de esfuerzos en el nivel Mezzanina. Adicionalmente, la NCh430 exige un confinamiento sísmico y ductilidad del núcleo mediante

estribos ultra-densos con ganchos sísmicos a 135°, y el Decreto Supremo DS 61 neutraliza la licuación del suelo mediante exigencias de diseño geotécnico. El control estricto de deformación lateral (drift) para componentes no estructurales es otro principio fundamental del modelo chileno.

El Capítulo 2 examina en la patología de los materiales, correlacionando el daño observable en campo con la necesidad de emplear aceros de alta ductilidad (NCh203 y NCh204) para evitar fallas frágiles. El autor documenta con detalle la patología en elementos de concreto armado y el rol del acero de refuerzo. Durante la inspección del piso crítico en estructuras de pórticos de concreto, el inspector evalúa visualmente el ancho de las grietas y el desprendimiento del hormigón. La mecánica subyacente de estas patologías depende directamente de la calidad y el detallado del acero de refuerzo interno regulado en Chile por la norma NCh204. El autor distingue entre Daño Menor (grietas < 1 mm), que corresponde al comportamiento elástico y micro-agrietamiento controlado del concreto por flexión; Daño Moderado (grietas entre 1 y 2 mm con aplastamiento local), donde el elemento estructural ha superado su límite elástico y el acero de refuerzo longitudinal entra en su zona de fluencia; y Daño Severo a Completo (grietas > 2 mm, caída masiva de concreto, acortamiento y pandeo), que representa la degradación total de la sección compuesta. Ante la ausencia de un confinamiento transversal denso exigido por la NCh430, el concreto del núcleo se tritura por compresión cíclica, eliminando el soporte lateral de las barras longitudinales. Esto gatilla el pandeo violento del acero de refuerzo, provocando la pérdida instantánea de la capacidad portante vertical de la columna y conduciendo al colapso progresivo tipo "panqueque". El autor también documenta la patología en estructuras de acero y los requisitos de calidad estructural (NCh203), incluyendo el mecanismo de pandeo local y cedencia del alma, y la fractura en conexiones soldadas y pernadas.

El autor elabora una matriz de correspondencia mecánica, metalúrgica y de reingeniería que correlaciona los hallazgos de la inspección de campo (FUNVISIS) con las propiedades mecánicas comprometidas y las soluciones técnicas de reingeniería. Para columnas de concreto con grietas diagonales a 45° con desconchado severo, la solución es el encamisado de columnas de hormigón con confinamiento mediante nueva armadura densa de acero de alta resistencia. Para estructuras de acero con pandeo local en vigas o fractura en uniones soldadas, la solución es la adición de contravientos y disipadores. Para muros de concreto con grietas de ancho entre 2 y 6 mm con aplastamiento, la solución es la densificación periférica mediante construcción de muros de corte externos adosados. Para apoyo de columnas con deformación o desgarramiento de la placa base, la solución es la inyección epóxica y pilotaje profundo.

El Capítulo 3 aborda la viabilidad institucional y financiera, demostrando que la adopción de la figura del Revisor Independiente y la inversión preventiva en reingeniería son imperativos macroeconómicos para evitar la pérdida de un porcentaje crítico del PIB Nacional. El autor documenta el modelo chileno de responsabilidad solidaria (LGUC y Revisor

Independiente) y lo contrasta con el modelo venezolano actual, ejemplificado en el manual de inspecciones de FUNVISIS, que posee un enfoque predominantemente Ex-Post (reactivo). La propuesta central es integrar ambos enfoques: la inspección de FUNVISIS no debe ser el final del proceso, sino el disparador legal. Una etiqueta Roja o Amarilla debe activar una auditoría estructural obligatoria ejecutada bajo la figura de un Revisor Independiente. Este revisor certificaría que el proyecto de reingeniería obligatoria (Reforzamiento/Retrofitting) cumple con los estándares de desempeño modernos para anular la vulnerabilidad residual, transformando la inspección reactiva en una mitigación preventiva.

El autor desarrolla un análisis de costo-beneficio del retrofitting que concluye que la inversión preventiva es macroeconómicamente superior a la reconstrucción. El costo de un colapso total (inacción) es devastador macroeconómicamente. Se estima que las pérdidas económicas directas e indirectas de un sismo mayor en zonas urbanas críticas (como La Guaira/Caracas) pueden comprometer hasta el 2% del PIB nacional. Este costo incluye no solo la reconstrucción total de activos, sino la pérdida de actividad económica, costos sociales de emergencia, indemnizaciones, y el impacto sobre infraestructura esencial. El análisis financiero indica que la intervención preventiva es más rentable que la reconstrucción. Intervenir el parque antiguo mediante técnicas de reingeniería (como el encamisado de columnas o la adición de disipadores) cuesta solo del 15% al 25% del valor de un colapso total (valor de reposición de 100%). El reforzamiento preventivo no es un costo hundido; es una inversión que protege el 100% del valor del activo y neutraliza el riesgo de pérdidas macroeconómicas catastróficas. Este análisis demuestra que la inacción es diez veces más costosa que la prevención.

El Capítulo 4 ofrece un portafolio técnico e ilustrado de estrategias de blindaje estructural, detallando la ejecución del encamisado de columnas, la adición de disipadores de energía y la construcción de muros de corte externos. El autor detalla el proceso secuencial del encamisado de columnas de concreto (column jacketing): picado de la superficie antigua para garantizar la adherencia, colocación de una armadura de confinamiento transversal ultra-densa (espirales o estribos cerrados con ganchos a 135°, exigidos por NCh430 y NCh204), y vaciado con concreto de alta resistencia. El fundamento técnico es que el encamisado confina el núcleo de concreto existente, impidiendo el pandeo de las barras longitudinales y obligando al material a plastificarse de forma controlada sin perder su capacidad de carga vertical. El autor también describe la adición de sistemas de disipación de energía y contravientos sísmicos, que reducen drásticamente la demanda sísmica global que impacta a la estructura existente, absorbiendo y disipando la energía antes de que dañe los elementos de concreto vulnerable. La construcción de muros de corte externos (reforzamiento periférico) provee rigidez lateral y redundancia estructural a edificios de pórticos vulnerables, dotándolos del "Modelo de Muros de Corte Continuos" chileno. Al adherir muros periféricos rígidos que continúan sin interrupciones hasta el subsuelo, se neutraliza la irregularidad de piso blando, garantizando que el edificio se

desplace de manera uniforme y estable, anulando el colapso panqueque.

La revisión normativa también debe considerar las regiones donde la amenaza sísmica ha sido subestimada, como el Escudo de Guayana, donde la evidencia de sismicidad de profundidad intermedia y de atenuación anómala plantea la necesidad de revisar los coeficientes de diseño estructural para esa región (Mariño, 2026).

La revisión de la normativa sismorresistente requiere comprender su evolución histórica. El panorama de los códigos de diseño sísmico venezolanos, desde 1939 hasta 2026, permite identificar los avances y las limitaciones que persisten en la norma vigente.

El Capítulo 11 del informe GEER (Fargier-Gabaldón et al., 2026, Cap. 11) presenta un 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.

Los autores del Capítulo 11 señalan que la mayoría de los edificios afectados por los terremotos del 24 de junio de 2026 fueron diseñados después de 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. 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, 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. El Código MOP 1955 no

prescribía el control de desplazamientos de las estructuras durante los terremotos.

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. 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 y edificios sobre depósitos aluviales. La relación de deriva lateral de la estructura se calculó con las fuerzas laterales prescritas por el código, 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.

La norma COVENIN 1756-82, "Norma Venezolana de Edificaciones Antisísmicas", introdujo mejoras significativas. 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.

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. 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 sigue el formato establecido por la norma. El sitio está dividido en cuatro categorías que también consideraron la profundidad del depósito de suelo (H). 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.

El Código COVENIN 1756-19 es una adaptación del ASCE-07 (2016, American Society of Civil Engineers) 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 ($V_s > 1500$ m/s), B (1300 m/s $> V_s > 800$ m/s), C (600 m/s $> V_s > 450$ m/s), D (200 m/s $> V_s > 300$ m/s) y E (120 m/s $> V_s > 170$ 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.

Los autores examinan las consideraciones geotécnicas y las 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. Los autores del Capítulo 11 citan que 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.

Sobre la base de este panorama normativo, la propuesta de Norma Sismorresistente de Emergencia elaborada por el Comité Técnico Asesor del Terremoto constituye la respuesta normativa más concreta generada por el evento.

La propuesta de Norma Sismorresistente de Emergencia (López et al., 2026) constituye la respuesta normativa más concreta generada por el evento. Su finalidad es responder a la necesidad de vivienda y de otras edificaciones de la población afectada por el terremoto, así como regular la reparación y el reforzamiento de las construcciones dañadas. La norma debe aplicarse en conjunto con la Norma COVENIN 1756-1:2019 en los artículos que no sufren modificaciones. Sus componentes principales son:

Aumento de los movimientos sísmicos de diseño. Se incorpora un Factor de Campo Cercano que amplifica el espectro de respuesta, y se establecen limitaciones para la construcción en zonas situadas cerca de la falla de San Sebastián.

Aumento de las fuerzas de diseño de pórticos de concreto reforzado. Se aumentan las fuerzas de diseño de pórticos (vigas y columnas) que contienen paredes de relleno de materiales frágiles y pesados, como bloques de arcilla o de concreto, ya sea que estén dentro o fuera del pórtico. Se exigen menores desplazamientos y derivas laterales para promover edificaciones más rígidas, en consonancia con la experiencia del terremoto, que demostró el mejor desempeño de los edificios de muros sobre los edificios de pórticos. Estas limitaciones en derivas protegen las paredes con bloques de arcilla para evitar daños excesivos. Al mismo tiempo, se promueve el uso de materiales livianos y flexibles como paredes de relleno.

Anclajes pared-estructura. Se destaca la obligatoriedad de disponer de anclajes de las paredes a la estructura, para evitar el desplome de las paredes de mampostería observado durante el terremoto del 24 de junio de 2026. El anclaje debe ser con las vigas y con las columnas, y aplicarse tanto a las paredes exteriores como a las interiores. En las paredes que no están dentro de elementos estructurales (vigas y columnas) se deberán colocar machones y vigas de corona que garanticen su estabilidad. Una alternativa es el uso de paredes más livianas y flexibles, como las placas de yeso laminado (dry-wall) o similares. Otra opción es separar las paredes de los pórticos, pero se debe garantizar su estabilidad fuera del plano mediante elementos de confinamiento, anclajes, machones, vigas de corona u otras estrategias de apoyo. El sistema de anclaje debe señalarse en los planos de arquitectura y de estructura.

Revisión independiente e inspección de las obras. Se enfatiza la importancia de la revisión independiente de los proyectos y de la inspección de las obras, práctica común en países sujetos a la acción de terremotos. El proyecto debe ser revisado y aprobado por la Ingeniería Municipal, de acuerdo con lo indicado en los artículos 85 y 87 de la Ley Orgánica de Ordenación Urbanística, el artículo 61 del Reglamento de la Ley Orgánica de Ordenación Urbanística y los artículos 1, 3.2, 5, 6 y 8 de la Ley Orgánica del Sistema Venezolano para la Calidad. La Ingeniería Municipal puede establecer los reglamentos necesarios para financiar la contratación del ingeniero revisor; una opción utilizada en otros países es que el ingeniero revisor sea financiado por el propietario de la obra. La Ingeniería Municipal debe disponer de un listado de especialistas en ingeniería estructural y sismorresistente para facilitar la selección del revisor del proyecto.

El trabajo de Bonilla (2026), cuya documentación de errores de ejecución y control de calidad se abordó en el apartado 3.1.1, presenta en este apartado propuestas concretas de ajuste normativo y de gobernanza. A nivel normativo, propone exigir que los empalmes por solape de las barras de una misma columna no sean realizados en el mismo entrepiso; revisar el factor R de reducción para estructuras aporticadas en zonas con alta sismicidad; contemplar mayores rigideces en columnas de planta baja o secciones mayores; redefinir los recubrimientos con base en controles de permeabilidad del concreto; y añadir que se debe aprovechar al máximo los 12 metros de los aceros en lugar de buscar hacer empalmes por solape en cada entrepiso. A nivel de gobernanza, propone incorporar equipos externos de alto nivel para el seguimiento de construcciones; incorporar criterios de selección basados en experiencia comprobable y verificable para residentes e inspectores; y retomar la práctica de revisión de diseños estructurales por profesionales expertos en las ingenierías municipales, práctica que se perdió después de 1967.

3.3. Respuesta de sitio e interacción suelo-estructura

"Evidencias empíricas del impacto del comportamiento del suelo en la respuesta estructural de las edificaciones durante el terremoto del 24 de junio de 2026 en Venezuela" (Pinto, 2026). Analiza la influencia del comportamiento del suelo en la respuesta estructural de las edificaciones durante el evento del 24 de junio de 2026. El trabajo se concentra en la relación entre el comportamiento del suelo (amplificación de cuenca, licuación, deformación permanente, efectos topográficos) y la respuesta estructural observada en Caracas, Catia La Mar y Caraballeda. Su aporte principal es la documentación empírica de esta relación a partir de dos campañas de reconocimiento postsísmico, y la formulación de una metodología para correlacionar la deformación del terreno, el movimiento de la cimentación y la respuesta estructural residual dentro de un mismo sistema de referencia.

El autor parte de una constatación fundamental: la secuencia sísmica del 24 de junio de 2026 incluyó un evento Mw 7,2 y, aproximadamente 38 segundos después, un evento Mw 7,5 asociado preliminarmente con ruptura dextral del sistema de fallas de San Sebastián, según los reportes institucionales disponibles. La proximidad de la fuente y la propagación hacia el este impusieron una demanda severa sobre el centro-norte de Venezuela. Sin embargo, la distribución del daño no fue uniforme. Caracas mostró concentraciones recurrentes en sectores de la cuenca sedimentaria. En La Guaira, Catia La Mar presentó licuación costera e inestabilidad en los márgenes de una terraza sedimentaria, mientras que Caraballeda mostró deformación extensa sobre el sector distal de un abanico aluvial. El objetivo del comentario es presentar y analizar evidencias empíricas del impacto del comportamiento del suelo sobre la respuesta estructural de las edificaciones. En Caracas se examina la correspondencia espacial entre la respuesta de la cuenca, los períodos predominantes y el daño en edificios de diferentes alturas. En Catia La Mar y Caraballeda se analiza cómo la pérdida de soporte y la deformación permanente del terreno impusieron asentamientos, giros y traslaciones a las

cimentaciones. La evidencia se interpreta sin atribuir causalidad únicamente al suelo, pues la altura, la edad, el sistema resistente, las intervenciones y la condición previa también controlan el desempeño.

El autor reporta que en Caracas se documentaron daños severos y colapsos en edificaciones de alturas distintas. Los casos publicados incluyen el Edificio Juvenal, residencia de seis pisos y más de sesenta años de antigüedad en San Bernardino, y una torre de dieciséis pisos del conjunto Petunia en Los Palos Grandes. En ese conjunto se inspeccionó también el Petunia II, de veintidós niveles, construido entre 1965 y 1966 y reforzado en 1968. El intervalo de seis a veintidós niveles confirma que la altura no explica por sí sola el desempeño. La ciudad ocupa una depresión tectónica alargada, limitada por rocas metamórficas y rellena por depósitos aluviales pleistocenos y holocenos de marcada heterogeneidad lateral y vertical. El espesor de sedimentos es menor de 10 m cerca de los bordes, supera 100 m en sectores centrales y orientales y excede localmente 200 m en Los Palos Grandes. Los perfiles disponibles indican velocidades de onda de corte de aproximadamente 200 a 500 m/s en los estratos someros y de 500 a 800 m/s a mayor profundidad, frente a valores cercanos a 2500 m/s en el basamento. Este contraste de impedancia, combinado con la geometría profunda de la cuenca, favorece atrapamiento de ondas, reverberaciones y generación de ondas superficiales. La caracterización dinámica de Caracas combina información de perforaciones y excavaciones con mediciones sísmicas, gravimetría, arreglos instrumentales y vibraciones ambientales. Las mediciones H/V identifican en el sector oriental profundo máximos alrededor de 0,6 Hz, equivalentes a períodos cercanos a 1,7 s. Estos períodos aumentan con el espesor de sedimentos y constituyen una variable central de la microzonificación sísmica, junto con Vs30, la geometría del basamento y la geología superficial.

El autor explica que la altura de una edificación se relaciona con su período fundamental, la participación de modos superiores, la distribución de cortantes y la demanda de desplazamiento. Por esta razón, los períodos largos de los sectores profundos pueden coincidir con la respuesta de edificios de mediana y gran altura y aumentar sus derivas cuando existe compatibilidad entre el contenido frecuencial del movimiento y los modos estructurales. Esta interpretación es coherente con el daño de 1967, cuando los cuatro edificios colapsados en Los Palos Grandes y Altamira tenían 10, 12, 10 y 11 entrepisos, y con la recurrencia del daño en 2026. Sin embargo, la coincidencia de períodos no demuestra causalidad ni excluye efectos bidimensionales y tridimensionales de la cuenca, documentados en la literatura sobre respuesta sísmica de cuencas sedimentarias. Los casos inspeccionados, de seis a veintidós niveles, muestran que no existe una única franja crítica. Dos edificios con alturas semejantes pueden tener períodos y capacidades diferentes según su sistema resistente, dimensiones, muros de relleno, irregularidades, intervenciones y estado de conservación. El análisis debe comparar el período medido de cada estructura con el período del suelo en su emplazamiento y utilizar como denominador el inventario total de edificios expuestos en cada clase de altura.

El autor precisa que la altura debe analizarse junto con la antigüedad y el tipo de intervención. El Petunia II, construido entre 1965 y 1966, permaneció en pie después de ser reforzado en 1968 con muros de concreto hasta el piso 8, columnas perimetrales engrosadas hasta el nivel 21 y una transición de rigidez en los niveles 9 y 10, según la documentación técnica disponible. En cambio, la torre de 16 pisos cuya intervención se concentró en ampliar columnas colapsó. En San Bernardino, el arriostramiento exterior de (e) aumenta la rigidez lateral, mientras que (f) muestra el colapso de seis niveles. Estos contrastes no prueban causalidad, pero exigen analizar continuidad de rigidez, resistencia y ductilidad, irregularidades, condición previa y períodos del suelo y la estructura.

El autor describe cómo en La Guaira el impacto del comportamiento del suelo sobre las edificaciones se expresó principalmente a través de deformaciones permanentes del terreno y de los movimientos que estas impusieron a las cimentaciones. La respuesta observada varió con el ambiente geomorfológico. En Catia La Mar coexistieron la terraza pleistocena del Grupo Cabo Blanco, sus bordes urbanizados y las franjas costeras bajas; en Caraballeda, el desarrollo urbano se extiende sobre abanicos aluviales heterogéneos con nivel freático somero y descarga hacia el litoral. En los depósitos granulares saturados de la zona distal, la carga cíclica favoreció tres efectos: el aumento de la presión de poros, la pérdida de esfuerzo efectivo y la reducción de rigidez y resistencia. Cuando esta degradación se combinó con una superficie libre o con cambios de pendiente, se produjeron asentamientos, rotaciones y desplazamientos laterales. La evidencia se presenta siguiendo esta secuencia física: comportamiento del suelo, deformación del terreno, movimiento de la cimentación y respuesta estructural, siguiendo la secuencia metodológica adoptada en este trabajo.

El autor observa que Catia La Mar mostró respuestas estructurales diferentes en edificaciones de altura comparable. En el entorno del margen de la terraza de Playa Grande, edificios de aproximadamente 10 a 15 niveles permanecieron en pie, aunque mostraron daño estructural cuyo grado varió de una edificación a otra. En el mismo sector, una edificación de alrededor de 12 niveles colapsó de forma asimétrica. Este contraste indica que ni el número de pisos ni la condición de permanencia en pie describen por sí solos el desempeño. La interpretación debe incorporar la posición del edificio dentro de la unidad geomorfológica, la intensidad y distribución del daño, la posible pérdida de soporte o movimiento de la cimentación, el sistema resistente, la regularidad, la antigüedad, las intervenciones y la condición previa. Las observaciones de campo permiten distinguir dos expresiones generales del comportamiento del suelo. En las zonas costeras bajas, la presencia de surgencias de arena, fisuras, asentamientos y pérdida de soporte es compatible con licuación y deformación lateral de depósitos saturados. En los bordes de la terraza, la respuesta estuvo asociada a deformaciones e inestabilidades localizadas del terreno, capaces de modificar el soporte lateral y vertical de las cimentaciones. La geometría de la terraza y la proximidad de las edificaciones a su borde también hacen necesario considerar efectos topográficos, incluida una posible modificación espacial de la amplitud y del contenido

frecuencial del movimiento. Esta hipótesis debe evaluarse mediante mediciones y análisis específicos, y no inferirse únicamente del daño. Tanto la deformación del terreno como los efectos topográficos pueden contribuir a respuestas distintas entre edificios cercanos. Por ello, las fotografías deben leerse como evidencia del desempeño final de las estructuras, pero no como demostración aislada del mecanismo causal. Su evaluación requiere relacionar la intensidad y distribución del daño con la posición topográfica, la deformación del terreno y la respuesta de la cimentación.

El autor caracteriza Caraballeda como un emplazamiento sobre abanicos aluviales coalescentes con una marcada heterogeneidad horizontal y vertical. La estratigrafía puede cambiar en distancias cortas y alternar materiales muy gruesos, incluidos bloques, gravas y arenas gruesas, con capas de arenas finas, limos y otros sedimentos de menor tamaño. También varían la compacidad, la continuidad de los estratos y la profundidad del basamento. En términos generales, en la zona alta los sedimentos son menos profundos y predominan materiales más gruesos; hacia la zona distal, el relleno sedimentario alcanza mayor profundidad, incorpora depósitos más sueltos o retrabajados y se encuentra saturado por un nivel freático somero.

Esta configuración es consistente con la dinámica sedimentaria documentada durante las lluvias de 1999, que incorporaron grandes volúmenes de sedimentos y modificaron localmente la superficie del abanico. Debido a esta heterogeneidad y a la nueva información recopilada, los períodos fundamentales publicados para Macuto, Caraballeda y Tanaguarena deben reevaluarse mediante la caracterización desarrollada durante la segunda campaña.

El autor añade que a las condiciones de la respuesta geotécnica sísmica del abanico se sumó una demanda sísmica característica de un evento cercano a la falla. El movimiento inferido a partir de cámaras de seguridad mostró un pulso de velocidad de gran amplitud y marcado carácter direccional, compatible con efectos de directividad asociados con la propagación de la ruptura. Los análisis indican que este pulso concentró una parte importante de la demanda en períodos relevantes para edificaciones de mediana altura y para sistemas suelo-cimentación susceptibles a deformaciones permanentes. Su dirección y contenido temporal son coherentes con la orientación predominante de algunos desplazamientos del terreno y con la concentración del daño en el sector distal del abanico. Esta correspondencia no demuestra una relación causal directa, pero permite interpretar conjuntamente la demanda sísmica cercana a la fuente, la pérdida de rigidez y resistencia de los depósitos saturados, la expansión lateral y la respuesta diferenciada de las edificaciones.

El autor localiza la evidencia más clara del impacto del suelo en el sector distal. Allí se documentaron surgencias de arena, asentamientos, fisuras, rotaciones y desplazamientos hacia el litoral, compatibles con licuación y relajación lateral. Este patrón muestra que la demanda no se limitó a vibraciones transitorias: el terreno experimentó deformaciones permanentes que debieron ser acomodadas por las cimentaciones y las superestructuras. Este ambiente general de

deformación produjo respuestas contrastantes entre los distintos cuerpos estructurales del antiguo Hotel Sheraton. Los tres cuerpos estuvieron expuestos al mismo ambiente general de deformación, pero no desarrollaron la misma respuesta. El edificio original, dañado en 1967 y reforzado posteriormente, presentó fallas localizadas principalmente en vigas. El edificio más reciente de hormigón armado, configurado con muros robustos, no mostró daño estructural evidente durante la inspección. Ambos cuerpos de hormigón se reconocen históricamente como estructuras fundadas sobre pilotes, lo que sugiere que el sistema de fundación condicionó su respuesta. En contraste, el anexo de acero, que aparentemente no estaba fundado sobre pilotes, experimentó colapso parcial y deformaciones importantes en columnas, vigas y componentes del sistema de resistencia lateral. La diferencia en el sistema de fundación constituye, por tanto, una variable central para interpretar la transferencia de asentamientos y desplazamientos laterales desde el terreno. Sin embargo, el contraste no puede atribuirse únicamente a los pilotes: la rigidez, la continuidad, la redundancia, el detalle de las conexiones y las intervenciones previas también controlaron la forma en que cada estructura acomodó la demanda cinemática.

El autor extiende esta interpretación a lo largo del abanico. En la zona alta, las edificaciones conservaron su estabilidad global, aunque presentaron daño local. En la zona distal, caracterizada por menor pendiente, nivel freático somero y depósitos potencialmente más sueltos o re TRABAJADOS, coexistieron edificios en pie, daño severo y colapsos. Esta distribución es compatible con una mayor susceptibilidad a licuación y expansión lateral hacia la costa, pero no demuestra que la posición geomorfológica haya controlado por sí sola cada respuesta. Para establecer esa relación se requieren levantamientos de la deformación del terreno y de las cimentaciones, junto con la identificación del sistema resistente, la antigüedad, las irregularidades, las intervenciones y la condición previa de cada edificio.

El autor subraya que las observaciones de Catia La Mar y Caraballeda requieren separar dos verificaciones que suelen confundirse: la integridad estructural de la fundación y su estabilidad cinemática. Pilotes, losas o vigas de fundación pueden conservar su capacidad y no mostrar daño visible, pero acompañar el asentamiento, la rotación o la traslación del suelo. En ese caso, la cimentación transmite desplazamientos y giros a la superestructura sin que exista necesariamente una falla resistente de sus elementos. La respuesta resultante depende de la distribución espacial de la deformación del terreno, la geometría de la cimentación y la rigidez relativa del sistema suelo-cimentación-estructura. El efecto estructural depende del modo de deformación impuesto. Un asentamiento aproximadamente uniforme puede afectar accesos, tuberías y juntas sin producir una distorsión importante del sistema resistente. El asentamiento diferencial induce curvatura y redistribución de cargas; la rotación modifica la verticalidad y amplifica los efectos P-delta; y la traslación diferencial o la expansión lateral puede generar distorsión de entrepisos, torsión y demandas localizadas en columnas, vigas, muros y conexiones. En consecuencia, la ausencia de daño material en la cimentación no descarta que su movimiento haya iniciado o

amplificado el daño de la edificación. La evaluación postsísmica debe correlacionar tres niveles de información dentro de un mismo sistema de referencia: la deformación del terreno, los desplazamientos laterales y giros de la fundación y la respuesta residual de la estructura, expresada mediante inclinación, deriva, torsión y fisuración. La compatibilidad espacial y direccional entre estas mediciones, apoyada por un modelo del sistema suelo-cimentación-estructura, permite distinguir la respuesta inercial durante el sismo de los efectos cinemáticos y de la deformación permanente. En edificios con sótanos también deben incorporarse la rigidez del subterráneo, el contacto con el suelo y las presiones laterales sobre los muros, porque estos componentes modifican la transferencia de movimiento entre el terreno y la superestructura.

El autor concluye que las evidencias recopiladas muestran que el comportamiento del suelo influyó en la respuesta estructural mediante mecanismos diferentes en Caracas y La Guaira, pero también que el daño no puede explicarse a partir de una sola variable. En Caracas, la recurrencia espacial del daño en edificaciones de seis a veintiún niveles debe evaluarse junto con la variación del espesor y la rigidez de la cuenca y la posible compatibilidad entre los periodos del suelo y de las estructuras. Esta relación permanece como una hipótesis que debe contrastarse considerando la altura, la antigüedad, el sistema resistente, las irregularidades, las intervenciones y la condición previa de cada edificio. En Catia La Mar, edificaciones de altura comparable presentaron desde daño estructural de grado variable hasta colapso parcial. La licuación en las franjas costeras, las deformaciones localizadas en los bordes de la terraza y los posibles efectos topográficos ofrecen mecanismos complementarios que requieren verificación específica. En Caraballeda, la heterogeneidad horizontal y vertical de los abanicos, el contraste entre sedimentos someros en la zona alta y depósitos profundos saturados en la zona distal, y la presencia de una superficie libre hacia la costa favorecieron patrones de deformación compatibles con licuación y relajación lateral. La respuesta diferenciada del antiguo Hotel Sheraton sugiere además que el sistema de fundación condicionó la transferencia de esas deformaciones: los edificios de hormigón apoyados sobre pilotes tuvieron un desempeño distinto al anexo de acero sin pilotes, aunque la configuración estructural y las intervenciones previas también fueron determinantes. La principal implicación para la evaluación postsísmica es que la integridad resistente de la cimentación no equivale a estabilidad cinemática. Una cimentación sin daño material visible puede asentarse, rotar o trasladarse con el terreno e imponer deformaciones incompatibles con la superestructura. Por ello, las decisiones de ocupación, reparación o recalce deben correlacionar, dentro de un mismo sistema de referencia, la deformación del suelo, el movimiento de la cimentación y la inclinación, deriva, torsión y fisuración del edificio. Esta evaluación debe complementarse con la caracterización dinámica del terreno, la evaluación de información geofísica pertinente para estudiar efectos de interacción dinámica suelo-estructura, el levantamiento del sistema de fundación y un inventario estructural que incluya edad, intervenciones, irregularidades y deterioro previo, incluido el asociado con corrosión.

La evaluación de daños a escala nacional realizada por el Comité Técnico Asesor del Terremoto (López et al., 2026) aporta evidencia adicional sobre la influencia de las condiciones de sitio. Los mayores daños se concentraron en zonas con mayores espesores de sedimentos, como Caraballeda y Altamira-Los Palos Grandes-San Bernardino, pero también en las mesetas de Playa Grande y Mamo, donde los efectos topográficos pudieron amplificar el movimiento. Se observó menos daño en las construcciones ubicadas en la base de las montañas, lo que confirma que las zonas rocosas experimentaron amplitudes menores. En Camurí Chico se documentaron manifestaciones de licuación en estratos confinados, con hundimiento del terreno y agrietamientos compatibles con desplazamiento lateral, lo que refuerza la necesidad de incorporar la caracterización geotécnica detallada en la microzonificación de La Guaira. El trabajo de López et al., documenta además que en las mesetas de Playa Grande y Mamo se registraron daños devastadores que podrían estar asociados a efectos de amplificación topográfica, con desniveles superiores a 50 metros y fuertes pendientes en las direcciones norte-sur y este-oeste.

El Capítulo 6 del informe GEER, titulado **"Características del movimiento del suelo y efectos locales del sitio"** (Barba et al., 2026, Cap. 6), analiza la influencia de las condiciones locales del sitio en los movimientos sísmicos y en los patrones de daño observados durante los terremotos del 24 de junio de 2026. El capítulo se concentra en la caracterización de las condiciones dinámicas del sitio en las ciudades afectadas (Caracas, La Guaira, Valencia y Maracay) y en el análisis de los factores que modificaron las características del movimiento del suelo.

Los autores parten de una constatación fundamental: 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 actualmente no se dispone de datos, lo que representa un objetivo prioritario para futuros levantamientos geofísicos.

El capítulo describe las condiciones sísmicas del sitio en las áreas afectadas. Para Caracas, el capítulo se basa en 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} . El mapa de períodos de sitio predominantes, derivado de aproximadamente 2000 mediciones de la razón espectral H/V

(HVSr), muestra que 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 períodos alcanzan valores de hasta ~2,0 s. También se observan períodos elevados de aproximadamente 1,0 s en San Bernardino. El mapa 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, muestra que los mayores espesores de sedimentos se encuentran en Los Palos Grandes (aproximadamente 320 m) y San Bernardino (aproximadamente 240 m). El mapa de V_{s30} , elaborado principalmente a través de correlaciones empíricas con los números de golpes de la prueba de penetración estándar (SPT) obtenidos en aproximadamente 1000 sitios, muestra una resolución espacial limitada en la variación de V_{s30} , atribuible en parte a la limitación de utilizar una correlación empírica con SPT (Prueba de Penetración Estándar).

Para La Guaira, el capítulo se basa en investigaciones previas hechas en los abanicos aluviales costeros del estado de La Guaira después del terremoto de Caracas de 1967 y en nuevos datos recogidos después del desastre de Vargas de 1999. 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 identificaron tres unidades o grupos sedimentarios cercanos a la superficie: 1) $V_s = 215\text{--}400$ m/s, con profundidades que varían de 2 a 50 m; 2) $V_s = 425\text{--}570$ m/s, con profundidades que varían de 30 a 86 m; 3) $V_s = 600\text{--}750$ m/s. El mapa de V_{s30} elaborado por Romero et al. (2006) 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. El mapa de períodos de sitio basados en HVSr muestra valores 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. El mapa de profundidad del basamento resultante 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. García et al. (2023) ampliaron el trabajo de Romero et al. (2006) mediante la incorporación de información sobre unidades geológicas superficiales en La Guaira, y generaron un mapa de microzonificación preliminar de Caraballeda.

Para Valencia, el capítulo se basa en 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 y, en algunos casos, el método ReMi. Estos resultados se integraron con información topográfica y valores Vs30 inferidos basados en SPT para generar un mapa de Vs30. El mapa muestra que los valores de Vs30 disminuyen, como era de esperar, desde las colinas hacia la parte central de los valles. 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. Gil (2021) también ofrece un mapa de profundidad de sedimentos, que utiliza varios conjuntos de datos, incluidos datos de gravimetría y HVSR, y un mapa de microzonificación que ayuda a visualizar los datos integrados. El mapa del período del sitio proporcionado por Schmitz et al. (2015), basado en 530 mediciones de HVSR, muestra valores máximos de 2,8 s en el suroeste.

Para Maracay, el capítulo se basa en un mapa de período del sitio generado a partir de 315 mediciones de HVSR, que muestra valores más altos, de aproximadamente 2,8 s, en la parte sur del área de estudio, que disminuyen hacia el norte. El mapa de Vs30 para Maracay presentado en López (2021) se basa en la integración de varios conjuntos de datos y metodologías, incluidos ReMi, IMASW, SPT y elevación digital.

Los autores analizan las características 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. Venezuela cuenta con una red sísmica nacional (código FDSN: VE, Federación Internacional de Redes Sismológicas Digitales) operada por FUNVISIS, que consta de 40 estaciones equipadas con sismómetros de banda ancha distribuidas en las zonas de mayor sismicidad del país. Además, FUNVISIS opera una red de registro de movimientos sísmicos fuertes (Red Acelerográfica Nacional, REDAC) que comprende 134 acelerómetros instalados en los principales centros urbanos del país. 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) 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. 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. La consulta identificó 12 estaciones operativas de 6 redes con registros disponibles. 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 autores presentan las 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. 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). Las zonas de máxima intensidad coinciden con la ruptura predominantemente hacia el este del modelo de falla finita del USGS. Los mapas ShakeMaps del USGS estiman una PGA (aceleración máxima del terreno) de 0.5 g, una PGV (velocidad máxima del terreno) de 50 cm/s, una PSA($T=1s$) de 0.5 g y una PSA (aceleración pseudoespectral) ($T=3s$) de 0.1 g alrededor de la ruptura. 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.

Los autores reportan los registros de movimientos del suelo y las mediciones de intensidad correspondientes. Los registros de movimiento del terreno de las estaciones descritas se procesaron utilizando el kit de herramientas gmprocess. 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, se decidió procesar la serie temporal como un registro único de larga duración. El procesamiento de los registros de movimiento del terreno siguió las recomendaciones metodológicas estándar para el procesamiento de registros de movimiento fuerte. Los pasos incluyeron la corrección de la línea basal, la corrección de la respuesta del instrumento, la verificación de la relación señal-ruido, 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. 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% (D5-95), la velocidad absoluta acumulada (CAV) y la intensidad de Arias (IA) para todos los registros procesados. Debido a las grandes distancias epicentrales ($R_{epi} \geq 280$ km), los registros de movimiento del suelo procesados presentan una baja intensidad. La PGA horizontal máxima (0.21g) se registró en el componente EW de la estación GRGR en Granada, ubicada en un Repi, M7.5 de 627 km con una inferencia Vs30 de 505 m/s. Las estaciones ACPR en Aruba (Repi, M7.5 = 370 km, Vs30 = 298 m/s) y OCA en Colombia

(Repi, $M_{7.5} = 722,5$ 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.

Los autores examinan los factores potenciales que afectan las características 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. Los autores analizan tres mecanismos particularmente relevantes: 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.

Sobre los efectos de fallas cercanas en los movimientos del terreno, los autores señalan 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. 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. La zona cercana a la falla se ha definido ampliamente como el área dentro de una distancia de aproximadamente 20 km de la ruptura. 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. 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, según los desarrollos metodológicos disponibles en la literatura. Además, se ha documentado 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.

Sobre los efectos de cuenca, los autores documentan que 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. El terremoto no solo causó más de 200 muertes y daños extensos en la ciudad y en todo el Valle de Caracas, sino que también sirvió como base 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. Los primeros estudios examinaron la propagación y amplificación de las ondas sísmicas del terremoto de 1967 en el Valle de Caracas, 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 mediante una sección transversal norte-sur en 2D y demostraron las limitaciones del enfoque 1D tanto para incidencia no vertical como para incidencia vertical con interfaz roca-sedimento curva, con máximos mayores en las relaciones de amplificación que los predichos por los modelos de respuesta del sitio 1D. Además, se descubrió 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, 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.

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. Se utilizaron mediciones de micrometrblorres para investigar los efectos del sitio en Caracas, proporcionando evidencia observacional de una respuesta sísmica espacialmente variable dentro del valle. Se simulaban numéricamente los efectos de amplificación considerando una cuenca 2D para la propagación de ondas SH planas en la región de Palos Grandes, mediante el método de elementos de contorno en el dominio de la frecuencia; utilizando una capa aluvial homogénea sobre el lecho rocoso elástico, se encontró una buena concordancia entre las simulaciones y las mediciones de micrometrblorres, y se destacó la influencia de la amortiguación de la cuenca, el módulo de corte y la incidencia en las amplificaciones del sitio. Se examinó además la interacción entre las ondas superficiales y los límites en los modelos 2D para Caracas, y se redujo la contaminación de reflexiones espurias al incorporar una frecuencia de corte y una sobreamortiguación en los límites absorbentes, lo que 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. Avanzando desde descripciones simplificadas en 1D y 2D hacia modelos numéricos que tienen en cuenta explícitamente la geometría 3D del Valle de Caracas,

se desarrollaron simulaciones de elementos espectrales 3D del valle y se investigó 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. Se consideraron también 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.

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.

Sobre los efectos de la licuación en el movimiento del suelo, los autores señalan que 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. 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, según se documenta en la literatura geotécnica reciente. 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).

El capítulo contrasta los movimientos sísmicos observados con los modelos de movimiento sísmico. Los valores registrados de PGA, PGV y PSA en periodos (T) de 0,1, 0 y 3,0 s se compararon con cuatro modelos de movimiento del suelo (GMM) de NGA-WEST2 (Next Generation Attenuation-West2), identificados por sus siglas convencionales (BSSA14, CB14, ASK14 y CY14). 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 geodificado de 10 km. Los MMI se convirtieron a PGA, PGV y PSA utilizando una ecuación de conversión de intensidad de movimiento del suelo (GMICE). Siguiendo la implementación de ShakeMap del USGS, 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 y para evitar la extrapolación. La mayoría de los datos de DYFI se situaron dentro del rango del percentil 16 al 84 (mediana $\pm$ una desviación estándar), excepto la PGA a distancias cortas ($R_{rup} \leq 10$ km) para los modelos CB14, ASK16 y CY14. 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.

El capítulo evalúa la influencia de los efectos del sitio en los patrones de movimiento del terreno y daños. Para evaluar los efectos de las condiciones del sitio en Caracas durante los terremotos de 2026, el capítulo creó 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 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, validaron 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 la definición de colapso adoptada por la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres. La base de datos final consta de 420 entradas, de las cuales 11 edificios están clasificados como derrumbados. Las alturas de los edificios (H) se estimaron utilizando el conjunto de datos temporales Open Buildings 2.5D, que emplea un modelo de aprendizaje profundo de Google Research para detectar la presencia de edificios por pixel, 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, verificaron 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 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, esta zona se caracteriza por períodos predominantes de 1.0 a 1.5 s, que coinciden con el período fundamental esperado de esta estructura, estimado a partir de aproximaciones de período estructural comúnmente utilizadas, como $T \sim N/10$, donde N es el número de pisos. 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 período de sitio indica períodos fundamentales de 0.5 a 1.0 s en esta zona, lo que coincide con los períodos estructurales esperados de los edificios derrumbados. La mayoría de los edificios derrumbados (8 de 11) se encontraban dentro de las microzonas 5 y 6. 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. Además de las estructuras derrumbadas, 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 y justifica una investigación más profunda.

El comportamiento del suelo analizado en el apartado anterior no se limita a la respuesta inducida por las ondas sísmicas: el evento del 24 de junio de 2026 también produjo deformaciones permanentes del terreno, manifestaciones de

licuación, desplazamientos laterales y deslizamientos de tierra. La evidencia recopilada documenta estos fenómenos con distinto grado de certidumbre y con una marcada heterogeneidad espacial, coherente con los controles geomorfológicos y tectónicos de la región. Su caracterización es indispensable para comprender por qué los daños fueron tan heterogéneos y por qué la reconstrucción requiere un conocimiento profundo de las condiciones geotécnicas locales.

3.4. Aspectos geotécnicos

El comportamiento geotécnico del terreno durante el evento del 24 de junio de 2026 abarca la deformación del terreno, la licuación, el desplazamiento lateral y la estabilidad de taludes. El evento puso a prueba la respuesta del terreno en una amplia zona del centro-norte de Venezuela, y las evidencias recopiladas documentan una marcada heterogeneidad espacial en los patrones de deformación, coherente con los controles geomorfológicos y tectónicos de la región. Los deslizamientos de tierra se concentraron a lo largo de la escarpada ladera de la montaña, por encima de las zonas urbanizadas; los elementos relacionados con la licuación se distribuyeron predominantemente a lo largo de los conos de abanico, las crestas de playa, los rellenos costeros y los depósitos de desembocaduras de ríos; y las características de ruptura del terreno se ubicaron principalmente a lo largo o inmediatamente adyacentes a rupturas de fallas conocidas o inferidas, incluida la falla de Bruscas.

La caracterización de estos fenómenos es esencial para comprender por qué los daños fueron tan heterogéneos y por qué la reconstrucción requiere un conocimiento profundo de las condiciones geotécnicas locales. La licuación y el desplazamiento lateral, en particular, afectaron a las edificaciones y la infraestructura en las zonas costeras bajas y en los abanicos aluviales, mientras que la estabilidad de taludes y los peligros compuestos plantearon riesgos adicionales en las laderas y en las vías de comunicación. El inventario geoespacial de deformaciones del terreno, elaborado mediante percepción remota y verificado en campo cuando fue posible, constituye un aporte metodológico de primer orden para la gestión integral del riesgo geotécnico en la región.

3.4.1. Deformación del terreno y ruptura de superficie

El Capítulo 7 del informe GEER, titulado "**Evidencia remota de deformación del terreno**" (Varela, 2026, Cap. 7), documenta la deformación del terreno inducida por los terremotos del 24 de junio de 2026 mediante la identificación, cartografía y clasificación de las deformaciones del terreno a partir del análisis de imágenes aéreas y satelitales previas y posteriores al evento.

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.

La autora describe la metodología de evaluación geomorfológica remota. 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.

El inventario de deformaciones del terreno se organizó en un inventario geoespacial con los siguientes criterios de clasificación. En la categoría de ruptura del suelo se distinguen las fracturas y las fallas. Las fracturas son grietas en el suelo que no presentan desplazamiento visible ni evidencia de procesos relacionados con la licuación. Las fallas son grietas en el terreno que muestran un desplazamiento vertical u horizontal observable, indicativo de una ruptura de falla superficial. En la categoría de licuación se distinguen tres tipos de manifestaciones. Los volcanes de arena son depósitos de arena circulares o irregulares, montículos o eyecciones comúnmente asociados con la liberación de sedimentos licuados, a menudo acompañados de evidencia de filtración. Las grietas del terreno asociadas con indicadores de licuación presentan filtraciones, eyecciones o emanaciones de arena, sin evidencia visible de desplazamiento lateral del terreno. Los asentamientos son 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. En la categoría de deslizamientos de tierra, se distinguen los 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), los 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), los desprendimientos 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) y los desprendimientos laterales del terreno inducidos por la licuación (caracterizados por grietas paralelas en el terreno y rasgos de extensión).

La autora explica que 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, Planet y Sentinel, y las superficies fotogramétricas 3D obtenidas con drones de SIGIS Venezuela y Drone Pixel. 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).

La autora precisa que, 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 el 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 alineamiento de los elementos, reducen la confianza del analista en comparación con una clasificación de "Probable"); y "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).

La autora reconoce las limitaciones de las interpretaciones derivadas de la evaluación de imágenes remotas. 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 autora caracteriza la partición geomorfológica de la deformación del terreno. Los resultados del inventario revelan 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, incluida la falla de Bruscas. 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.

El Capítulo 8 del informe GEER, titulado **"Ruptura de la superficie del terreno a lo largo de la falla" (Varela et al., 2026, Cap. 8)**, documenta la ruptura de la superficie del terreno asociada al evento del 24 de junio de 2026. El capítulo se adentra específicamente en la ruptura de la superficie a lo largo de la falla, con un enfoque en los desplazamientos cosísmicos medidos mediante percepción remota (InSAR, GNSS, correlación de imágenes ópticas) y en la evidencia de ruptura superficial verificada en campo.

Los autores describen los desplazamientos regionales mediante percepción remota. 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. 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). Un estudio geodésico preliminar presenta una caracterización 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.

Los autores reportan la 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. La ruptura superficial verificada sobre el terreno por miembros del equipo de campo de GEER que visitaron el aeropuerto de Maiquetía es la única ruptura superficial confirmada en el terreno. Los equipos no han detectado otras rupturas superficiales en el terreno. 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. 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. 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 (GNSS e Interferometría Diferencial de radar de apertura sintética); 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.

Los autores presentan el inventario de características de deformación del terreno. 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 (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, 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.

Los autores aportan la evidencia fotográfica de las fracturas en el aeropuerto de Maiquetía. Las fracturas observadas en la calzada al oeste de la pista del aeropuerto discurren paralelas a la falla de Bruscas y muy cerca de ella. El equipo de campo de GEER observó una grieta longitudinal que se extiende aproximadamente paralela a la alineación de la pista 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. Las fracturas visibles en la pista, con filtraciones aparentes, sugieren la posible presencia de un nivel freático poco profundo en este lugar. En Caraballeda, se documentaron patrones lineales de fracturas a lo largo de longitudes de aproximadamente 350 m, con la mayor parte de la deformación concentrada en una franja de 10 metros de ancho. También se observaron 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. En otros sectores de Caraballeda se documentaron conjuntos 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.

Los autores formulan 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.

La convergencia de estos hallazgos con la identificación de la falla de Bruscas realizada por Audemard (2026), con la caracterización geológica del aeropuerto de Maiquetía realizada por García (2026) y Carrillo (2026, Cap. 4), y con la evidencia de deformación del terreno documentada por Varela (2026, Cap. 7) consolida la falla de Bruscas como una estructura de interés en la caracterización del evento. 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.

3.4.2. Licuación y deformación permanente del terreno

El Capítulo 9 del informe GEER, titulado "**Licuación**" (Montalva et al., 2026, Cap. 9), documenta la licuación y las fallas del terreno inducidas por la licuación durante los terremotos del 24 de junio de 2026. La licuación es el fenómeno por el cual los suelos granulares saturados pierden resistencia y rigidez durante un sismo, por efectos de incremento de la presión de poros, comportándose como un líquido.

El capítulo organiza la información en cuatro flujos. El primero es la 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. La mayoría de las fotografías incluyen una marca de tiempo y posición GPS. Varios sitios incluyen mediciones con cinta del ancho, el desplazamiento y el asentamiento de las grietas. El segundo es la interpretación sistemática de imágenes ópticas de alta resolución posteriores al evento, que produjo un inventario georreferenciado de 68 polígonos a lo largo del corredor costero de La Guaira, relacionados con la licuación. El tercero es el informe preliminar de reconocimiento virtual de una red colaborativa internacional y su repositorio multimedia anotado y georreferenciado, junto con los productos ShakeMap y de fallas finitas del USGS. El cuarto son las fotografías y vídeos que circularon en redes sociales y fueron compartidos a través de la red E2SCALA 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.

Los registros históricos registran 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. El capítulo recoge la

evidencia histórica de licuación en las regiones afectadas, incluyendo los eventos de 1812 (La Guaira/Vargas, El Paraíso, Choroní, Barbacoas, La Victoria), 1878 (Cerca del río Cua, Macuto, Caraballeda, Camurí Grande, Los Caracas, La Sabana, Chuspa, Paparo, tramo ferroviario entre Carenero y Río Chico, Capaya, San Jacinto, cerca del río Neverí), 1967 (Playa Caraballeda, Güigüe) y la secuencia de 1989 (Tocuyo, Boca de Mangle, Chichiriviche). Este análisis histórico es un aporte principal porque demuestra que la licuación es un fenómeno recurrente en la región.

Los autores describen el 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. 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, 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.

El capítulo evalúa la evaluación de los riesgos de licuación. El modelo geoespacial de riesgo de licuación 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 Vs30, 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. El capítulo señala que se pueden obtener estimaciones mejoradas sobre la susceptibilidad a la licuación local y del riesgo mediante la

ejecución de pruebas in situ, y que el evento de 2026 ofrece una oportunidad inusualmente bien definida para probar modelos geoespaciales con datos de campo frente a evidencia tanto positiva como negativa.

Los autores cartografían la 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. 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. La evidencia se divide en tres grupos. 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.

Los autores presentan el inventario elaborado a partir de imágenes posteriores al evento. Los autores documentan que el inventario elaborado a partir de imágenes posteriores al evento comprende 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. Los autores enumeran los sitios documentados por los equipos

que contribuyeron a este capítulo y consolidan las mediciones cuantitativas disponibles de esos sitios. La dispersión de las mediciones 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.

Los autores clasifican los tipos de evidencia. Las grietas en el suelo perduran más que el material 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 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. 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. Entre el centro comercial Doña Bárbara y el demolido Centro Comercial IP5, la Av. José María España discurre aproximadamente entre 100 y 250 metros tierra adentro, y casi paralela 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. 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. 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. En Los Corales, 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. En la terminal de autobuses de Catia La Mar, las losas del estacionamiento se desplazaron aproximadamente 270 mm. 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. Un vídeo del municipio Veroes 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. En la costa central, el agrietamiento de la playa y de la faja costera posterior al este de Puerto Cabello 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.

Los autores documentan también la 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.

Los autores incorporan las 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. 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. Los autores los 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.

Los autores proponen una interpretación preliminar. Proponen las siguientes hipótesis de trabajo. 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 admiten más de una interpretación. La relación entre la licuación y el derrumbe de edificios no está resuelta. 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.

Los autores organizan las observaciones en potenciales casos de estudio y formulan una agenda de investigación. Los autores enumeran los potenciales casos históricos disponibles en el material del 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) en el complejo de viviendas Urbanismo Hugo Chávez en Catia La Mar, con sondeos distribuidos por todo el complejo; al momento de preparar este informe no estaban disponibles los registros y los recuentos de golpes, que servirán de base para las evaluaciones posteriores. Las acciones recomendadas, en orden aproximado de prioridad y de caducidad, incluyen: 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); la medición de la profundidad de las grietas como protocolo de campo rutinario; el perfilado mediante prueba de penetración de cono (CPT) junto con la prueba SPT que ya se hizo en el Urbanismo Hugo Chávez, extendido a los sitios de marinas y el corredor de la Av. José María España; una investigación comparativa en los sitios del derrumbe y en los bloques adyacentes que tuvieron un buen desempeño; muestreo y clasificación de los materiales eyectados que sobrevivieron y de las arenas de origen; 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; mediciones del nivel freático en cada punto de investigación; verificación sobre el terreno de los campos de fisuras de Veroes y de Boca de Aroa; reprocesamiento de los productos de correlación óptica con el control en terreno local; obtención de estimaciones de demanda instrumental o macrosísmica para el corredor; y coordinación con los demás grupos de autores que trabajan en este corredor.

El Capítulo 9 del informe GEER (Montalva et al., 2026, Cap. 9) documenta la licuación y las fallas del terreno inducidas por el terremoto en el corredor costero de La Guaira. La evidencia recopilada (68 manifestaciones de licuación, con desplazamientos laterales de hasta 270 mm y asentamientos de hasta 205 mm) permite identificar los depósitos costeros bajos como las zonas de mayor susceptibilidad. Sin embargo, la relación entre la licuación y el derrumbe de edificios de gran altura sigue sin resolverse: nada en el conjunto de datos actual demuestra que el fallo del terreno sea un factor principal en el derrumbe, y nada descarta que el ablandamiento de los suelos de soporte haya sido un factor coadyuvante. Esta incertidumbre plantea la necesidad de investigaciones específicas en los sitios de colapso.

3.4.3. Efectos en taludes y laderas

El Capítulo 10 del informe GEER, titulado **"Estabilidad sísmica de taludes y peligros compuestos"** (Arnold et al., 2026, Cap. 10), documenta los deslizamientos de tierra y los peligros compuestos inducidos por los terremotos del 24 de junio de 2026, así como su intersección con los aludes torrenciales de diciembre de 1999. El capítulo integra la caracterización geotécnica con la evaluación de obras de mitigación y la gestión del riesgo de desastres.

El capítulo reseña los 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. 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. 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.

El capítulo analiza las tendencias de los deslizamientos. Los deslizamientos de tierra cartografiados muestran una marcada orientación hacia el noreste en la dirección de la pendiente del terreno. La distribución de deslizamientos de tierra cartografiados 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, muestra que 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. 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.

El capítulo describe las obras de mitigación construidas tras los aludes torrenciales de diciembre de 1999. Se creó la Autoridad Única de Área del Estado Vargas (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. 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. El Proyecto Ávila 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. 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. Se 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.

El trabajo aborda los 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. 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. 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. 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 m³. 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 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. Los resultados de la inspección pusieron de manifiesto la dificultad de acceder a la mayoría de las presas para conducir una limpieza de sedimentos acumulados y restaurar la capacidad de almacenamiento.

Los autores cuantifican la densidad de deslizamientos de tierra inducidos por los terremotos en cada cuenca hidrográfica. 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%. En segundo lugar, 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, 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. 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).

El capítulo recoge las observaciones en el lugar del deslizamiento de tierra. 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 observaciones del sitio se centran en: deslizamientos que causan o amenazan con afectar la infraestructura; peligros compuestos relacionados con aludes torrenciales; y ejemplos típicos de deslizamientos superficiales de suelo/roca observados en toda la región. 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. 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.

4. SERVICIOS PÚBLICOS Y OBRAS DE MITIGACIÓN

La respuesta estructural y geotécnica del hábitat construido, analizada en la sección anterior, se complementa con el desempeño de la infraestructura y los servicios públicos esenciales durante el evento. El doblete sísmico puso a prueba la capacidad de los sistemas de transporte, energía, agua potable, saneamiento, telecomunicaciones y gestión de

residuos para mantener su operatividad en las condiciones extremas que siguieron al impacto. Algunos sistemas resistieron sin daños importantes, otros colapsaron y otros vieron interrumpidas sus cadenas logísticas. Esta heterogeneidad no depende únicamente de la intensidad del movimiento sísmico, sino de factores como la ubicación respecto a las fallas activas, la redundancia de rutas y sistemas, la sectorización de las redes, la existencia de planes de contingencia y la capacidad de respuesta institucional.

4.1. Accesos, movilidad y servicios públicos

“Terremoto de Caracas y La Guaira del 24 de junio de 2026. Vulnerabilidad de accesos y servicios públicos” (Páez-Pumar, 2026), evalúa la vulnerabilidad de los accesos y los servicios públicos de la Gran Caracas y el litoral central. El trabajo es una contribución relevante porque compara las vulnerabilidades identificadas en 2017 con los daños realmente causados por el evento de 2026, lo que permite evaluar la capacidad predictiva de los estudios de vulnerabilidad. Su aporte principal es la documentación sistemática de los daños en la red vial, los accesos, el aeropuerto, el puerto y los servicios públicos. Su principal limitación es que se concentra en la Gran Caracas y el litoral central, sin extender el análisis a otras regiones afectadas.

El autor parte de una constatación fundamental. En junio de 2017, en el libro “El terremoto de Caracas de 1967: 50 años después”, se publicó un estudio sobre las vulnerabilidades de acceso y servicios públicos previstas ante un nuevo evento sísmico que afectara a la Gran Caracas. El presente artículo compara esas vulnerabilidades identificadas originalmente con los daños causados por el doblete sísmico del 24 de junio de 2026. Esta comparación entre lo previsto y lo ocurrido permite evaluar la capacidad predictiva de los estudios de vulnerabilidad.

En cuanto a la vulnerabilidad vial, el autor describe que Caracas tiene un Sistema Expreso Vial Interurbano constituido por cuatro rutas principales (Caracas-La Guaira, Caracas-Guarenas-Guatire, Caracas-Valles del Tuy y Caracas-Altos Mirandinos), y que las rutas alternas están en mal estado y tienen poca capacidad para absorber el volumen vehicular en caso de una interrupción. Documenta que la Autopista Caracas-La Guaira no se vio afectada de forma importante durante el sismo de 2026, que la Autopista Regional del Centro no se vio afectada, y que la Carretera Panamericana sufrió el cierre total y obstrucción de vías debido a múltiples derrumbes de gran magnitud. Documenta también que la red vial del estado La Guaira se vio sumamente afectada, con el colapso del puente sobre el río San Julián que conecta a Caraballeda con el resto de La Guaira.

En cuanto a los accesos, el autor reporta que el Ferrocarril del Tuy y el Metro de Los Teques no sufrieron afectaciones importantes y entraron nuevamente en funcionamiento; que la Base Aérea Generalísimo Francisco de Miranda no sufrió afectaciones; y que el Aeropuerto Internacional Simón Bolívar de Maiquetía se vio bien afectado por estar alineado con la falla de San Sebastián y próximo al epicentro, con grietas longitudinales en la pista 10L, grietas en la pista 10R, colapso

de cielos rasos y cerramientos interiores, y la suspensión de operaciones aéreas. El Puerto de La Guaira también se vio afectado, con fallas estructurales y agrietamientos severos en los patios y almacenes de carga, así como en el muelle de contenedores, donde se observaron grúas descarriladas y presencia de licuación de suelos.

En cuanto a los servicios públicos, el autor precisa que la red de transmisión de 230 kV que cruza Caracas por El Ávila no se vio afectada, pero sí las torres de transmisión de 69 kV que alimentan Catia La Mar y Caraballeda, lo que obligó a aislar cargas y desconectar preventivamente las subestaciones para evitar un colapso en cadena. Documenta que el Acueducto Metropolitano de Caracas no se vio afectado, pero que las redes de distribución de agua colapsaron en el estado La Guaira, afectando a 334.180 habitantes. Documenta también la ruptura del cable de fibra óptica del sistema submarino South American Crossing, ocurrida a unos 1,8 kilómetros de la estación de amarre de Puerto Viejo en Catia La Mar. Esa ruptura redujo aproximadamente un 50% la capacidad internacional de transmisión de datos del país. El restablecimiento del servicio eléctrico en La Guaira alcanzó el 60% el 27 de junio y el 96% el 10 de julio, con 21 subestaciones completamente restauradas. La recuperación de los servicios de agua potable alcanzó el 84% el 10 de julio. El sistema de distribución de la presa El Guapo sufrió 91 fallas en 75 km de tuberías, de las cuales 83 habían sido reparadas al 14 de julio.

El autor formula conclusiones y recomendaciones. Señala que es urgente la toma de conciencia sobre la importancia de una posición proactiva frente al riesgo sísmico, y recomienda dar prioridad a una serie de trabajos: terminar las obras del Viaducto Tacagua y del túnel Boyacá, construir el Distribuidor Macayapa, reparar y reforzar el viaducto La Cabrera, evaluar la vulnerabilidad sísmica de los puentes y viaductos existentes, acometer un programa de rehabilitación y mejoramiento de barrios, realizar un estudio de las fallas de borde existentes, realizar evaluaciones sistemáticas de las fundaciones de las torres de transmisión, actualizar los planes maestros de aguas blancas y residuales del estado La Guaira, y llenar el embalse de Macarao.

“Resiliencia y recuperación funcional de redes de telecomunicación móviles” (De Viana, 2026), reformula el paradigma de diseño de las redes móviles desde la preservación de la vida hacia la recuperación funcional, sustentada en el marco conceptual 3R (Confiabilidad, Robustez y Resiliencia). El autor parte de una constatación fundamental: el diseño convencional de la ingeniería estructural y de telecomunicaciones, enfocado en evitar el colapso físico, resulta insuficiente ante eventos destructivos de gran magnitud. Una estación de telecomunicaciones puede conservar su integridad estructural y quedar completamente fuera de servicio por el volcamiento de bastidores, la rotura de acometidas eléctricas o la pérdida de alineación de antenas. La inoperatividad funcional de las telecomunicaciones desencadena fallas en cadena en otros servicios públicos y priva a la población de asistencia en el lapso posterior al desastre. Esta tesis introduce la interdependencia sistémica de las líneas de vida como dimensión de análisis.

El autor presenta la recurrencia histórica de eventos catastróficos en Venezuela (Cariaco 1997, Vargas 1999, Mocotíes 2005, Tovar 2021, Las Tejerías 2022) y la evidencia forense internacional (Maule 2010, Tohoku 2011, Katrina 2005, Sandy 2012, Amatrice 2016, Hunga Tonga 2022, Helene y Milton 2024), y a partir de esa evidencia formula recomendaciones técnicas y regulatorias. Los cuatro pilares de innovación tecnológica que transforman las redes móviles contemporáneas, tales como los enlaces troncales satelitales LEO, virtualización NFV/SDN, almacenamiento LiFePO4 y microrredes híbridas con capacidad de isla, constituyen una hoja de ruta para la reconstrucción resiliente de las telecomunicaciones en Venezuela.

El autor detalla el acoplamiento bidireccional entre el sistema eléctrico de potencia y las redes celulares de telecomunicaciones. Cuando un sismo mayor o un alud torrencial derriba las líneas de transmisión eléctrica de alta y media tensión, las radiobases celulares conmutan de forma automática a sus fuentes de energía de respaldo; en aquellas instalaciones no provistas de sistemas avanzados de microgeneración, los bancos de baterías tradicionales agotan su carga produciendo la desconexión simultánea de extensas zonas de cobertura. A partir de ese instante se activa el ciclo de falla inversa: sin red móvil operativa, los centros de despacho de las empresas eléctricas quedan ciegos ante la pérdida de telemetría de sus subestaciones y pierden la comunicación con sus cuadrillas de reparación en campo. La imposibilidad de coordinar la logística de transporte de combustible y priorizar los trabajos en circuitos averiados retrasa la restitución del servicio eléctrico generalizado, lo que a su vez profundiza y prolonga el apagón del sistema celular. Este bucle destructivo en cascada muestra que la vulnerabilidad de las líneas de vida es sistémica y que su resiliencia debe abordarse de manera integrada.

El autor advierte que la anulación de las comunicaciones móviles lesiona la capacidad de respuesta humanitaria e institucional en cuatro dimensiones fundamentales: en el plano de las decisiones estratégicas, los comités de crisis y comando quedan privados de información agregada en tiempo real para dimensionar el siniestro; en el nivel logístico y territorial, los reportes de daños, necesidades de medicamentos y colapso de vías no alcanzan las salas situacionales; en la dimensión de la conciencia situacional táctica, los equipos de bomberos y defensa civil operan de forma aislada, careciendo de cartografía georreferenciada de riesgos o coordenadas de sobrevivientes; y en la esfera comunitaria, la población pierde el acceso a las líneas de emergencia y a las directrices oficiales de seguridad, desatando pánico e impidiendo evacuaciones ordenadas. Este colapso cobra especial gravedad durante las denominadas "Horas Doradas", correspondientes a las primeras 24 a 48 horas posteriores al evento.

El autor propone una hoja de ruta técnica y regulatoria. En materia estructural y de emplazamiento físico, propone el aislamiento dinámico basal de bastidores electrónicos, el anclaje sismorresistente de componentes electromecánicos y la sobreelevación de recintos técnicos por encima de los niveles de inundación con período de retorno de quinientos años. En

el ámbito de la ingeniería energética, propone proscribir progresivamente el uso exclusivo de acumuladores de plomo-ácido en infraestructuras neurálgicas, promoviendo su reemplazo obligatorio por bancos de LiFePO₄ dotados de telemetría inteligente, complementados con microrredes híbridas de energía renovable capaces de funcionar en modo isla. En el plano de las arquitecturas lógicas y de radiofrecuencia, propone promover topologías multicapa tridimensionales que combinen la red terrestre convencional con enlaces troncales de conmutación automática sustentados en mega constelaciones satelitales en órbita baja. En el terreno de la gobernanza institucional, propone actualizar el Plan Nacional de Telecomunicaciones de Emergencia, consagrar en la legislación la obligatoriedad del Roaming Nacional de Emergencia entre todos los operadores públicos y privados, y aplicar con carácter vinculante las disposiciones de diplomacia humanitaria establecidas en el Convenio de Tampere.

El análisis del acoplamiento bidireccional entre el sistema eléctrico y las redes celulares realizado por De Viana (2026) permite identificar un patrón sistémico que se repite en cada evento destructivo: cuando el sistema eléctrico colapsa, las redes de telecomunicaciones quedan sin respaldo; y cuando las redes de telecomunicaciones colapsan, los centros de despacho eléctricos quedan ciegos y no pueden coordinar la reparación. Este bucle destructivo en cascada ilustra la necesidad de abordar la resiliencia de las líneas de vida de manera integrada, y no como una suma de sistemas independientes.

El Capítulo 13 del informe GEER, titulado **“Redes de servicios esenciales” (Rose et al., 2026, Cap. 13)**, evalúa los impactos del evento del 24 de junio de 2026 sobre las redes de servicios esenciales: petróleo y gas, energía eléctrica, agua potable y red sanitaria, y transporte. El capítulo documenta la vulnerabilidad de los sistemas que sostienen la operatividad del hábitat construido, con énfasis en la interdependencia entre los sistemas y en la distinción entre daños directos, provocados por el movimiento sísmico, y daños indirectos, provocados por la interrupción de otros servicios.

El capítulo documenta que la refinería El Palito sufrió una gran fuga de petróleo y la interrupción de operaciones por corte de energía eléctrica, y que el Complejo Petroquímico de Morón sufrió daños en la infraestructura de almacenamiento y una fuga en un tanque; sin embargo, las principales regiones productoras (Faja del Orinoco, occidente) continuaron operando sin daños significativos. En el sistema eléctrico, diez torres de transmisión en la línea Planta Centro-Yaracuy resultaron dañadas, con la pérdida de 600 MW del Sistema Eléctrico Nacional; la central Planta Centro sufrió una parada temporal; y se reportaron cortes de energía en Caracas, La Guaira, Barquisimeto, Coro, Maracay, Mérida, Nueva Esparta, San Cristóbal y Valencia. El restablecimiento del servicio alcanzó el 60% en La Guaira el 27 de junio y el 96% el 10 de julio, con 21 subestaciones completamente restauradas. En el agua potable y la red sanitaria, se registraron interrupciones en Caracas, Miranda, Falcón, Yaracuy, Zulia y La Guaira; el sistema de distribución de la presa El Guapo sufrió 91 fallas en 75 km de tuberías, de las cuales 83 (91%) habían sido reparadas al 14 de julio; y la recuperación de los servicios de agua potable

alcanzó el 84% el 10 de julio. En el transporte, el Aeropuerto Internacional Simón Bolívar sufrió daños graves en el terreno y en las estructuras, con la pérdida de soporte de grandes vigas de hormigón prefabricado y el derrumbe de muros de relleno; el Puerto de La Guaira suspendió operaciones comerciales por daños en la terminal de contenedores y por efectos de licuación; los sistemas de metro y ferrocarril de Caracas fueron clausurados temporalmente; y la carretera Caracas-La Guaira tuvo acceso restringido al personal de emergencia.

Las observaciones realizadas desde la carretera en las instalaciones de Pequiven permitieron identificar daños estructurales en varios edificios industriales: 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 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. 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 reconocimiento de campo no observó daños en las torres de transmisión ni en sus elementos de anclaje.

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. 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.

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 Bolipuestos sufrieron daños en sus estribos.

La documentación de los impactos en las redes de servicios esenciales realizada por el Capítulo 13 del informe GEER complementa la caracterización de la vulnerabilidad de los accesos y servicios públicos realizada por Páez-Pumar (2026). La evidencia documentada por el Capítulo 13 del GEER confirma el acoplamiento bidireccional entre el sistema eléctrico y las redes de servicios esenciales descrito por De Viana (2026): la refinería El Palito interrumpió sus operaciones no por daños estructurales directos, sino por un corte de energía eléctrica. La interrupción de un servicio esencial puede generar efectos en cascada sobre las cadenas productivas y logísticas. La documentación de los daños en el Puerto de La Guaira confirma la ocurrencia de licuación en los depósitos costeros documentados por Montalva et al. (2026, Cap. 9). La documentación de los daños en puentes y carreteras coincide con la caracterización de los deslizamientos realizada por Arnold et al. (2026, Cap. 10) y con la caracterización de la deformación del terreno realizada por Varela et al. (2026, Cap. 8). La documentación de los daños en la terminal de autobuses de Catia La Mar coincide con la documentación de daños en infraestructura realizada por Fargier-Gabaldón et al. (2026, Cap. 11).

4.2. Presas, obras hidráulicas y control de torrentes

El Capítulo 12 del informe GEER, titulado **“Impactos en las presas”** (Perri y Ramírez, 2026, Cap. 12), documenta los impactos del evento del 24 de junio de 2026 sobre las presas de suministro de agua y las presas de control de sedimentos de Venezuela. El capítulo es una contribución pertinente porque contrasta el desempeño de las presas con el de otras infraestructuras vitales, y porque documenta las condiciones preexistentes que comprometen su capacidad operativa. Su aporte principal es la verificación de que las presas no sufrieron

daños estructurales significativos atribuibles al terremoto, y la documentación de la sedimentación avanzada, la invasión antropogénica de los cauces, la erosión de fundaciones y la inestabilidad de taludes en las cuencas. Su principal limitación es que las causas de la resiliencia de las presas no están documentadas en el capítulo.

En el caso de las presas de suministro de agua, 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. Se compartió un inventario nacional de 93 presas de suministro de agua, y se identificaron 10 grandes presas dentro de 100 km del epicentro del evento Mw 7,5. Cuatro de ellas (El Tablazo, Pao La Balsa, Turimiquire y Tule) fueron clasificadas como presas de alto riesgo, y dos (El Cigarrón y El Ermitaño) fueron identificadas como necesitadas de reparaciones. Una inspección piloto realizada en 2004 había establecido categorías de nivel de riesgo basadas en las consecuencias aguas abajo de las presas, clasificación R1 para presas en zonas sísmicas con poblaciones aguas abajo, R2 para presas fuera de zonas sísmicas con poblaciones aguas abajo, R3 para presas en zonas sísmicas con ganado aguas abajo, y R4 para presas en zonas sísmicas sin población ni ganado aguas abajo, y había formulado recomendaciones de reparación y mantenimiento que, en algunos casos, no se habían ejecutado. Este hallazgo indica que el conocimiento técnico sobre las necesidades de intervención en las presas existía desde 2004, pero no se tradujo en medidas preventivas antes del evento de 2026.

El desempeño de las presas durante el evento del 24 de junio de 2026 contrasta con el de otras infraestructuras vitales. El sistema eléctrico sufrió daños severos (diez torres de transmisión dañadas en la línea Planta Centro-Yaracuy, pérdida de 600 MW del Sistema Eléctrico Nacional, cortes de energía en Caracas, La Guaira, Barquisimeto, Coro, Maracay, Mérida, Nueva Esparta, San Cristóbal y Valencia), y el Aeropuerto Internacional Simón Bolívar y el Puerto de La Guaira vieron interrumpidas sus operaciones. Las presas de suministro de agua y las presas de control de sedimentos no mostraron daños estructurales significativos atribuibles al terremoto. Las autoridades locales no observaron indicios de daños en las presas de los embalses, y la inspección de las presas de control de sedimentos de La Guaira no reveló deformaciones atribuibles al sismo. Este contraste sugiere que no toda la infraestructura vital presentó el mismo nivel de vulnerabilidad ante el evento, y que las características específicas de cada tipo de infraestructura, sumado a las características propias del evento sísmico, condicionaron su desempeño

En el caso de las presas de control de sedimentos, La Guaira alberga 63 presas de retención construidas tras la tragedia de Vargas de 1999, distribuidas en 26 cuencas hidrográficas. El capítulo reporta que el equipo de GEER, coordinado por el Dr. José Luis López Sánchez, inspeccionó 61 estructuras activas. No se observaron deformaciones provocadas por el terremoto, pero se documentaron condiciones preexistentes relevantes: sedimentación avanzada (la mayoría de las estructuras han alcanzado o están cerca de alcanzar su

capacidad máxima de retención), invasión antropogénica (extracción no autorizada de material para la construcción aguas arriba del dique de Naiguatá, ocupación residencial en los corredores de torrentes activos en Macuto y San Julián), erosión de las fundaciones (particularmente en el dique de Toma de Naiguatá, donde se observó erosión significativa en la base del delantal aguas abajo y evidencia de materiales sueltos en la cimentación), e inestabilidad de taludes en las zonas altas de las cuencas.

La inestabilidad de taludes documentada en las zonas altas de las cuencas es un aspecto particularmente relevante porque se articula directamente con la caracterización de los deslizamientos de tierra y los peligros compuestos realizada por el Capítulo 10 del informe GEER (Arnold et al., 2026, Cap. 10). El Capítulo 10 documenta más de 650 deslizamientos de tierra inducidos por los terremotos del 24 de junio de 2026, con una marcada orientación hacia el noreste, y evalúa su intersección con los aludes torrenciales de diciembre de 1999. Los deslizamientos cosísmicos se produjeron principalmente en la parte alta de las cuencas hidrográficas, a diferencia de los deslizamientos provocados por las lluvias de 1999 que tuvieron lugar en la parte baja. Este material movilizado en las zonas altas representa una fuente potencial de futura movilización de sedimentos que podría acelerar la sedimentación de las presas de retención aguas abajo, o incluso generar flujos de detritos durante las lluvias intensas. La combinación de la sedimentación preexistente en las estructuras de retención y la nueva carga de sedimento movilizada por el terremoto en las zonas altas configura un escenario de riesgo compuesto que debe ser considerado en la planificación de la reconstrucción y en la gestión del riesgo de desastres.

El análisis de los impactos en las presas realizada por el Capítulo 12 del informe GEER (Perri y Ramírez, 2026, Cap. 12) revela un contraste relevante: mientras el sistema eléctrico, el aeropuerto y el puerto vieron interrumpidas sus operaciones, las presas de suministro de agua y las presas de control de sedimentos no mostraron daños estructurales significativos atribuibles al terremoto. Sin embargo, la inspección documentó que su capacidad operativa está comprometida por condiciones preexistentes como la sedimentación avanzada, invasión antropogénica de los cauces, erosión de fundaciones e inestabilidad de taludes, y que estas condiciones adquieren una dimensión crítica tras un evento sísmico que ha movilizado grandes volúmenes de sedimento en las cuencas. Este hallazgo plantea la necesidad de incorporar el mantenimiento y la supervisión de las obras de mitigación en la planificación de la reconstrucción.

La evaluación del estado físico y funcional de las obras de mitigación realizada por López (2026), que documenta el colapso de 6 presas, la sedimentación avanzada de la mayoría de las estructuras y los daños en las canalizaciones, refuerza la necesidad de incorporar el mantenimiento y la supervisión de las obras de mitigación como componente permanente de la gestión del riesgo.

El mantenimiento de las obras de mitigación emerge como un componente crítico de la gestión del riesgo. La inspección de las presas de control de sedimentos de La Guaira

documentó que la mayoría han alcanzado o están cerca de alcanzar su capacidad máxima de sedimentación, que la extracción no autorizada de material para la construcción y la ocupación residencial en los corredores de torrentes activos comprometen su eficacia, y que la erosión y la inestabilidad de taludes en las zonas altas de las cuencas representan riesgos adicionales. Estas condiciones, aunque preexistentes al terremoto, adquieren una dimensión crítica tras un evento sísmico que ha movilizado grandes volúmenes de sedimento en las cuencas. La evaluación del estado físico y funcional de las 64 presas de control de sedimentos y las canalizaciones construidas entre 2001 y 2008 documenta el colapso de 6 presas, la sedimentación avanzada de la mayoría de las estructuras y los daños en las canalizaciones, y confirma que la pérdida de capacidad protectora no es atribuible al terremoto, sino a causas preexistentes: el abandono de la visión integral de la AUAEV, la sustitución de presas de concreto por gaviones y la falta de mantenimiento sistemático. La inversión en obras de mitigación no se sostiene sin mantenimiento, supervisión y gobernanza institucional.

“Evaluación del estado físico y funcional de las obras de mitigación de riesgos construidas en el Estado La Guaira a raíz de los deslaves de 1999” (López, 2026), evalúa la capacidad protectora de las 64 presas de control de sedimentos y las canalizaciones construidas en La Guaira tras la tragedia de Vargas de 1999, a partir de inspecciones de campo realizadas entre el 21 de julio y el 28 de agosto de 2026. El autor parte de una constatación fundamental: la tragedia de Vargas de diciembre de 1999 impulsó un proyecto de ingeniería de envergadura única en América Latina (la construcción de 64 presas de retención de sedimentos y la canalización de 25 quebradas entre 2001 y 2008) que garantizaba una protección adecuada a las poblaciones asentadas en los abanicos aluviales del hoy denominado Estado La Guaira. Veinte años después, la pregunta que guía el trabajo es si esas obras siguen cumpliendo su función protectora.

El autor caracteriza el estado de las obras. En cuanto a las presas, distingue entre presas cerradas y presas abiertas, y documenta que el 67% de las 36 presas cerradas están completamente sedimentadas, y que el 33% restante presentan un grado de sedimentación entre el 50% y el 80%. Documenta también que el 96% de las 28 presas abiertas presentan un grado de sedimentación entre el 15% y el 70%. Esta sedimentación avanzada, aunque evidencia que las presas han cumplido su función de retener sedimentos, significa que han perdido su capacidad de proteger a las poblaciones aguas abajo. El autor documenta además el colapso de 6 presas (2 en el río Anare, 3 en Quebrada Seca y 1 en Camurí Grande), destruidas por las lluvias torrenciales de 2005, 2010, 2011 y 2022. En el caso de las presas de Anare, el colapso se atribuye al mal empotramiento lateral del estribo izquierdo, anclado en una terraza aluvial de muy poca altura, sin previsión para evitar que el flujo se metiera por detrás de la presa. En el caso de la presa de Camurí Grande, el colapso se atribuye al impacto de bloques producto de derrumbes en el talud derecho, que abrieron una brecha que se amplió con las lluvias posteriores.

En cuanto a las canalizaciones, el autor reporta daños severos en varios ríos: fractura de losas y colapso de traviesas en San Julián, Camurí Grande, Cerro Grande, Naiguatá, Guanape, Camurí Chico y Mamo, por erosión al pie y abrasión del concreto. Documenta también procesos de erosión aguas abajo de las presas, con descenso del lecho de 3,5 m en Camurí Chico, 4,5 m en El Tigre y 5-6 m en el dique-toma de Naiguatá, causados por flujos de aguas claras y por la extracción no autorizada de material granular. El autor identifica la extracción de material granular a menos de 500 m aguas abajo de las obras como una de las causas principales de estos procesos erosivos, y documenta casos específicos en los que la actividad de empresas areneras ha generado procesos de erosión regresiva que han dejado las estructuras de disipación suspendidas en el aire. Documenta también el macro-deslizamiento de la quebrada La Chara, en la cuenca del río San Julián, que amenaza a las comunidades de Santa Bárbara, Las Trillas, La Charita y La Miel, y que continúa siendo un peligro latente, aunque haya sido colonizado por la vegetación.

En cuanto al impacto del sismo del 24 de junio de 2026, el autor señala que no se observaron evidencias de fallas en las obras hidráulicas atribuibles al terremoto. Solo se apreciaron efectos ligeros, como la ampliación de grietas existentes en algunas canalizaciones (Naiguatá, Camurí Grande y San Julián). Sin embargo, el sismo generó 650 deslizamientos en las cuencas, que constituyen una amenaza latente como fuente de sedimentos para futuros aludes torrenciales. El autor destaca que la mayoría de los movimientos en masa ocurrieron en las partes altas de las montañas, y que los arrastres vegetales (ramas y troncos de árboles) pudieran contribuir a la obstrucción de los cauces y generar diques naturales, que al romperse darían origen a aludes torrenciales. El autor cita el estudio del grupo GEER (2026) que identificó 650 movimientos en masa en el flanco norte de la Cordillera de la Costa, entre Catia La Mar y Naiguatá, con las mayores densidades de deslizamientos (4-5%) en las cuencas de los ríos San Julián y El Cojo, que drenan hacia Caraballeda y Macuto.

El autor formula 24 conclusiones y recomendaciones. Entre las más relevantes destacan: la necesidad de 19 nuevas presas abiertas de concreto (8 de rastrillo y 11 de ranura) para restablecer la protección de las poblaciones más vulnerables; la regulación de la extracción de material granular, impidiendo que se realice a menos de 500 m aguas abajo de las obras hidráulicas; la necesidad de un responsable institucional de la operación y mantenimiento de las presas, con recursos garantizados por el Estado; la actualización de los mapas de amenaza por aludes torrenciales, tomando en cuenta las obras existentes y su estado actual; y el desarrollo de una base de datos en SIG para la gestión y monitoreo de las obras. El autor enfatiza que las presas construidas después de los deslaves de Vargas en 1999 han salvado vidas: las 7 presas construidas en las quebradas Piedra Azul y Curucutí retuvieron 100.000 m³ de sedimentos durante las lluvias torrenciales de febrero de 2005, salvando a la población de Maiquetía de un nuevo desastre; y las 6 presas construidas en los ríos Camurí Grande y Migueleno retuvieron 160.000 m³ de sedimentos arrastrados por los flujos torrenciales de 2010, evitando una nueva tragedia en la población de Camurí Grande. La inversión en obras de

mitigación no se sostiene sin mantenimiento, supervisión y gobernanza institucional: la evaluación del estado físico y funcional de las presas construidas tras el deslave de 1999 documenta que la pérdida de capacidad protectora no es atribuible al terremoto, sino a causas preexistentes (López, 2026).

5. GESTIÓN INTEGRAL DEL RIESGO, RESPUESTA RÁPIDA Y PLANIFICACIÓN TERRITORIAL

El desempeño de la infraestructura y los servicios públicos, analizado en la sección anterior, se complementa con el análisis de la gestión integral del riesgo, la respuesta institucional y la planificación territorial. El análisis de las obras de mitigación que se presenta a continuación no repite el inventario físico de la sección 4, sino que lo interpreta como componente de la gestión del riesgo: examina por qué la capacidad protectora se perdió y qué implica para la gobernanza. El terremoto del 24 de junio de 2026 puso a prueba la capacidad del Estado y de la sociedad para responder a una emergencia de gran escala, y evidenció tanto las capacidades movilizadas como las brechas persistentes en la gestión del riesgo. La reconstrucción de La Guaira y del litoral central plantea la necesidad de articular la respuesta inmediata con la planificación de largo plazo.

5.1. Vulnerabilidad territorial y respuesta al evento

“Vargas, La Guaira: de los deslaves a los terremotos” (Genatios, 2026), reconstruye la trayectoria de La Guaira desde el desastre hidrometeorológico de diciembre de 1999 hasta los terremotos del 24 de junio de 2026. El trabajo documenta la continuidad de la vulnerabilidad territorial e institucional de la región a lo largo de más de dos décadas, y porque articula la respuesta institucional al desastre de 1999 con la respuesta al evento de 2026. Su aporte principal es la documentación de la respuesta institucional al desastre de 1999, el abandono progresivo de la visión integral de la AUAEV, y el desempeño de las edificaciones modernas durante el evento de 2026. Su principal limitación es que se concentra en La Guaira, sin extender el análisis a otras regiones afectadas.

El autor describe el desastre de diciembre de 1999. Las lluvias continuas saturaron los suelos de las partes altas de las cuencas, redujeron la capacidad de sujeción de la capa vegetal y provocaron erosión, derrumbes y desprendimientos. Los materiales desprendidos se incorporaron a los cursos de agua, primero como sedimentos pequeños y luego como bloques de mayor tamaño. Al aumentar la proporción de sólidos, el flujo adquirió densidades superiores a 2 toneladas por metro cúbico, transformándose en flujos torrenciales capaces de transportar y hacer flotar grandes rocas.

Los desprendimientos más severos se produjeron durante la noche del 15 y la madrugada del 16 de diciembre. Los sedimentos se depositaron en los cauces y en los conos de deyección, alcanzando en algunos lugares espesores superiores a ocho metros. Se estima que se depositaron más de 20 millones de metros cúbicos de sedimentos. El evento evidenció que las mismas superficies atractivas para el desarrollo urbano

son precisamente las áreas donde se acumula históricamente el material transportado por las cuencas.

Las consecuencias inmediatas fueron de una escala extraordinaria. Aproximadamente 240.000 personas resultaron afectadas y unas 100.000 fueron evacuadas, dentro de una población estatal de alrededor de 350.000 habitantes. Se destruyeron unas 8.000 viviendas, equivalentes aproximadamente al 10% del parque habitacional. Cinco hospitales y ambulatorios sufrieron daños, colapsaron sistemas de aguas blancas y servidas y se destruyó cerca del 85% de la vialidad troncal. También resultaron afectados el puerto de La Guaira, el aeropuerto, instalaciones educativas y las actividades turísticas y recreativas. Una comisión del PNUD estimó los daños materiales inmediatos del orden de 5.000 millones de dólares de la época, equivalentes a unos 10.000 millones actuales.

El autor describe la respuesta institucional al desastre. El 5 de enero de 2000 se creó la Autoridad Única de Área para el Estado Vargas (AUAEV), con la función de planificar la reconstrucción y el desarrollo urbano y la protección ambiental para la reducción de riesgos de desastres. La AUAEV reunió comisiones técnicas con cerca de 200 profesionales y desarrolló estudios climatológicos, hidrológicos y geológicos, análisis de cuencas, evaluación de la amenaza sísmica, estudios económicos y sociales, proyectos de vialidad y desarrollo urbano, recuperación del casco histórico de La Guaira, integración del puerto, desarrollo del aeropuerto, proyectos de control de torrentes, y mecanismos para promover el desarrollo inmobiliario. El esfuerzo de 2000 representó unas 220.000 horas de ingeniería. La reconstrucción se concebía como una acción multidisciplinaria, en la que la reducción del riesgo era inseparable del desarrollo económico, la calidad urbana y la protección ambiental.

El autor también analiza el abandono progresivo de esa visión. Una inspección realizada en 2003 por antiguos proyectistas de la AUAEV detectó modificaciones importantes: presas originalmente concebidas en concreto fueron sustituidas por gaviones, se observaron empotramientos insuficientes, cambios de alineamiento y abandono completo de criterios de desarrollo urbano. Estas modificaciones redujeron la seguridad prevista y se realizaron sin la aprobación de varios de los especialistas responsables de los proyectos iniciales. La controversia más importante se refiere a las presas abiertas de gaviones: los flujos de 1999 alcanzaron densidades superiores a 2 toneladas por metro cúbico y transportaron rocas de gran tamaño, condiciones en las que una estructura formada por gaviones puede experimentar flotación de sus componentes, rotura de las mallas, desplazamiento por impacto y deterioro acelerado. El rechazo internacional a los gaviones se manifestó en el Foro Internacional sobre Manejo de Cuencas Torrenciales realizado en diciembre de 2003, donde las delegaciones de Japón, Austria, Italia y España mostraron reservas claras frente a su uso en presas abiertas sometidas a impactos y abrasión.

El autor examina el desempeño deficiente de las obras durante las lluvias de febrero de 2005. A pesar de que las lluvias fueron del orden de aproximadamente un tercio de las

ocurridas en 1999, dos presas de gaviones resultaron destruidas, hubo roturas de mallas y deterioros en Macuto y Galipán, las presas de Anare sufrieron destrucción, una estructura en Camurí Chico presentó socavación lateral y en El Cojo persistieron problemas de descarga y obstrucción. En contraste, las obras de Guanape retuvieron sedimentos adecuadamente. El episodio de 2005 confirmó que las deficiencias señaladas en 2003 no eran meramente teóricas y que la población continuaba expuesta.

El autor recoge la evaluación de 2019, veinte años después de la tragedia. La recuperación urbana fue muy limitada y, en gran medida, dependió de los esfuerzos individuales de habitantes, comerciantes y empresarios, sin que estuviera enmarcada en el plan de desarrollo territorial previamente preparado por la AUAEV. Muchos espacios que habían quedado disponibles para proyectos de transformación urbana fueron nuevamente ocupados de manera improvisada. Persistieron viviendas informales cerca de los cauces y se desarrollaron nuevas edificaciones sin una integración adecuada con servicios, paisaje, movilidad y reducción del riesgo. A los veinte años del desastre, el balance de la evaluación de la calidad y condición de las obras es mixto: se construyeron decenas de presas y cerca de treinta kilómetros de canalizaciones, pero una proporción importante de las presas es de gaviones, con el incremento del riesgo que esto representa. Algunas obras funcionaban adecuadamente, mientras otras estaban inconclusas, deterioradas, colmatadas o necesitaban reconstrucción. La respuesta operativa durante el evento de 2026 añadió una dimensión nueva a este balance. El colapso de las redes de telecomunicaciones generó una ceguera espacial en las primeras 72 horas. La producción de cartografía táctica impresa y la preservación activa de datos geoespaciales fueron necesarias para sostener las operaciones de búsqueda y rescate (González et al., 2026).

El autor analiza el terremoto del 24 de junio de 2026 y el desempeño de las edificaciones modernas. Documenta que el evento consistió en dos terremotos de magnitudes Mw 7,2 y Mw 7,5 separados por aproximadamente 39 segundos, clasificados por el USGS con alerta PAGER roja, con intensidades que alcanzaron aproximadamente el nivel IX de la escala de Mercalli. Documenta que las zonas más afectadas se encuentran localizadas muy cerca de la falla, y que la ruptura se propagó hacia el este a lo largo de la región centro-norte por unos 250 km. Documenta las consecuencias humanas: 6.509 fallecidos al 24 de agosto, más de 25.000 personas en campamentos, 1,8 millones de personas necesitadas de asistencia humanitaria. Documenta los daños económicos: las estimaciones del PNUD (6.700 millones de dólares), del Banco Mundial (19.600 millones) y de UNDRR (37.000 millones) reflejan distintas metodologías y momentos de evaluación.

El autor presta atención particular al desempeño de las edificaciones construidas por la Gran Misión Vivienda Venezuela, la OPPPE y el Urbanismo Hugo Chávez. Documenta que en el Urbanismo Hugo Chávez colapsó o sufrió daños severos aproximadamente el 80% de los 196 edificios, y que en los nueve urbanismos OPPPE de La Guaira colapsaron 16 de las 43 torres (37%) y las 27 restantes

quedaron inhabitables. El autor señala que una tasa de pérdida de esa magnitud en edificaciones de cuatro niveles y de construcción reciente es técnicamente significativa. Documenta también que una investigación de Alianza Rebelde Investiga reportó que en al menos cuatro de los conjuntos OPPPE se identificaron columnas cuyo refuerzo transversal de confinamiento presentaba estribos con dobleces de 90°, en contraste con los ganchos de no menos de 135° establecidos por la norma FONDONORMA 1753:2006. El autor enfatiza que este hallazgo constituye una posible deficiencia de detallado e inspección que debe evaluarse mediante estudios forenses antes de atribuirle una contribución causal específica a los colapsos observados.

El autor formula 23 lecciones y recomendaciones. Entre las más relevantes: la necesidad de investigaciones forenses independientes y transparentes antes de reconstruir; la preservación de evidencias antes de demoler; la realización de estudios de microzonificación sísmica en La Guaira; la revisión integral de las obras de control de torrentes; la recuperación de la red sísmológica; y la actualización de la Norma COVENIN 1756-1:2019 con las lecciones del evento. El autor enfatiza que la reconstrucción no debe entenderse simplemente como la sustitución rápida de los edificios destruidos, sino como un proceso de aprendizaje que incorpore las lecciones obtenidas de los colapsos, revise los criterios de localización, mejore las normas de diseño, fortalezca los controles de calidad, recupere las capacidades técnicas de las instituciones y establezca sistemas permanentes de inspección, mantenimiento y prevención.

La respuesta al evento del 24 de junio de 2026 enfrentó una dificultad operativa: la magnitud de la catástrofe exigía una coordinación espacial precisa para dirigir las operaciones de búsqueda y rescate, pero el colapso del fluido eléctrico regional y la degradación de las redes de telefonía y fibra óptica impidieron la transmisión continua de datos georreferenciados desde el terreno. En las primeras 72 horas, los equipos de respuesta operaron bajo una “ceguera espacial” que dificultó la toma de decisiones tácticas y aumentó la exposición al riesgo del personal en campo.

“Cartografía de respuesta rápida para la Gestión de Emergencias y Desastres: Uso de fuentes secundarias en la evaluación de daños del evento sísmico denominado Terremoto de La Guaira 24J, 2026” (González et al., 2026) documenta cómo una red ad hoc de académicos, investigadores y profesionales vinculados al Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica y Modelado Ambiental de la Universidad Simón Bolívar (LSIGMA-USB), la Universidad Central de Venezuela (UCV), la Universidad de Oriente (UDO) y la Universidad de Carolina del Norte en Chapel Hill (UNC-CH) articuló una respuesta técnica para suplir esa carencia. La Serie Cartográfica de Respuesta Rápida evolucionó desde la versión inicial (V1), emitida el 28 de junio de 2026, hasta la versión 8 (V8), consolidada el 9 de julio de 2026, que alcanzó una producción de 526 mapas tácticos sectorizados a escala 1:3.000, integrados en mallas cuadriculadas de 590 m × 590 m en formato imprimible A4/Carta.

La metodología desarrollada se articuló en cuatro fases. La primera consistió en la adquisición y preservación de datos secundarios heterogéneos: la activación del servicio Copernicus EMS On-Demand Rapid Mapping (código EMSR884) por parte de la Comisión Europea, que generó 33 productos cartográficos en 7 regiones de evaluación; la integración del backend de código abierto de la plataforma ciudadana "Mapa de Daños Venezuela" como motor de crowdsourcing georreferenciado; la incorporación de los geoservicios REST/ArcGIS Online del Programa de Respuesta ante Desastres de Esri; y la utilización de datos de desplazamiento cortical derivados de la interferometría radar de la misión NASA-ISRO (NISAR), procesada por el Jet Propulsion Laboratory, que detectó vectores de deformación horizontal dextral de hasta 60 cm hacia el oeste en la franja litoral de Catia La Mar. La segunda fase consistió en el flujo de geoprocusamiento y estandarización SIG, adoptando la proyección UTM Zona 19N (EPSG:32619) y aplicando un protocolo de aseguramiento de calidad que incluyó la reconciliación geométrica cruzada entre las coordenadas del crowdsourcing y la huella de las estructuras de Google Open Buildings, con un umbral de error cuadrático medio (RMSE) de 15 m, así como la limpieza topológica de la capa vial y los polígonos de escombros. La tercera fase consistió en la adaptación escalar y la definición de la malla táctica: se adoptó la cuadrícula ortogonal de 590 m × 590 m definida por la ESA para el litoral de La Guaira y se extendió sistemáticamente sobre los centros urbanos de Miranda, Carabobo y el Distrito Capital, adaptando la salida cartográfica al formato A4/Carta a escala 1:3.000. La cuarta fase consistió en la producción cartográfica para entornos desconectados: los productos se distribuyeron en archivos PDF vectoriales simplificados (300 DPI, tamaño A4/Carta), lo que permitió su reproducción física mediante impresoras convencionales alimentadas por generadores portátiles y arreglos fotovoltaicos en los Centros de Operaciones de Emergencia (COE) y Puestos de Mando Avanzado.

La preservación activa de datos operó como una función de respuesta humanitaria. El 30 de junio de 2026, la base de datos de la plataforma ciudadana de origen sufrió un evento de vaciado crítico que redujo los registros activos de 926 a 109. La continuidad operativa de la Serie Cartográfica se garantizó mediante una copia de preservación mantenida de forma contigua desde el 25 de junio, que ejecutó una regla de unión antirregresión impidiendo la sobrescritura o supresión de datos. La API abierta fue republicada el 30 de junio a las 17:26 HLV, y al corte del 13 de julio el consolidado verificado sumó 782 reportes georreferenciados, 215 colapsos totales, 270 daños severos, 297 parciales y 4.458 fotografías, con la mayor densidad espacial en Caracas, 391 reportes y Caraballeda, 115 reportes. Sin este mecanismo, la componente ciudadana de la Serie V8 habría perdido más del 88% de sus registros georreferenciados. Este hallazgo evidencia que, en escenarios desestructurados, la preservación activa de datos no constituye un archivo pasivo, sino una función directa de respuesta humanitaria.

La dependencia de software propietario generó conflictos de interoperabilidad. La generación automatizada de las series de

mapas se basó en la funcionalidad Map Series de ArcGIS Pro; sin embargo, la brecha de acceso a licencias de uso privativo en Venezuela generó limitaciones operativas en el intercambio de datos vectoriales entre instituciones locales y organismos internacionales. Esta experiencia evidenció la necesidad crítica de priorizar estándares de software libre (FOSS) para garantizar la interoperabilidad técnica y eliminar las restricciones derivadas del licenciamiento. La auditoría técnica post-publicación, realizada con especialistas académicos en geodesia, teledetección y cartografía, precisó que las capas vectoriales utilizadas conservaron la georreferenciación pasiva preevento sobre el marco SIRGAS-REGVEN, por lo que registran discrepancias posicionales submétricas respecto al terreno deformado por el desplazamiento cosísmico. Si bien esta discrepancia es irrelevante para la navegación táctica y la asignación de cuadrantes ASR Nivel 2, impide el uso de esta serie para fines catastrales o de deslinde legal de parcelas.

El trabajo propone recomendaciones concretas para fortalecer la capacidad de respuesta del país. Propone la institucionalización del voluntariado técnico universitario mediante protocolos de respuesta que activen automáticamente al personal docente e investigador en geomática dentro de la estructura EDAN/USAR (Evaluación de Daños y Análisis de Necesidades / Urban Search and Rescue) desde las primeras 6 horas post-evento; el despliegue de arquitecturas de datos espaciales contingentes con duplicación automatizada y descentralizada de las plataformas de reporte ciudadano; la capacitación de cuerpos de bomberos y Protección Civil en el uso del Grid Copernicus y la navegación en escalas urbanas de excepción operando mediante radiofrecuencia (VHF/UHF); y la utilización de estándares de software libre para garantizar la interoperabilidad técnica entre las instituciones nacionales y las agencias internacionales. La respuesta técnico-académica, articulada mediante redes autogestionadas, transformó datos heterogéneos en productos cartográficos operativos en pocos días. La cartografía impresa fue el único insumo que permitió sostener las operaciones de Búsqueda y Rescate Urbano cuando la infraestructura digital colapsó.

5.2. Marco institucional y planificación territorial

A continuación, se presenta nuevamente el trabajo titulado **"El terremoto de La Guaira"** (López et al., 2026), abarcando su contenido relacionado con la respuesta institucional y la planificación territorial. El trabajo, elaborado por el Comité Técnico Asesor del Terremoto bajo la coordinación de la Comisión Presidencial para la Evaluación de Habitabilidad de Infraestructuras (CPEHI), documenta la movilización del sistema nacional de evaluación de daños y habitabilidad tras el evento del 24 de junio de 2026.

La respuesta institucional generó el cuerpo de evidencia empírica más extenso del evento: 63.070 edificaciones inspeccionadas a nivel nacional, de las cuales 18% recibieron Etiqueta Roja, no habitables, y 24% Etiqueta Amarilla, habitables con restricciones. Los daños se concentraron en el estado La Guaira, con 5.490 edificaciones con Etiqueta Roja de un total de 17.264 evaluadas, equivalente al 31,8% del total inspeccionado en esa entidad. Esta concentración es

consistente con la proximidad de las poblaciones del litoral a la ruptura tectónica y con los efectos de sitio documentados en los apartados precedentes.

La respuesta institucional se organizó en torno a un protocolo de tres fases. La Fase 1 consistió en la evaluación rápida de habitabilidad, con colocación de etiquetas Verde (acceso permitido), Amarilla (acceso restringido) y Roja (acceso no permitido), aplicando una metodología nacional desarrollada previamente por el IMME (Instituto de Materiales y Modelos Estructurales, UCV) y FUNVISIS, adaptada de protocolos internacionales. La Fase 2 consistió en la evaluación detallada especializada de los casos críticos, con revisión de la etiqueta, recomendación de reparación, reforzamiento o demolición, y documentación de daños para investigación. La Fase 3 consiste en el desarrollo de los proyectos de reparación, reforzamiento o demolición, apoyados en los lineamientos técnicos elaborados por el propio Comité. El protocolo se articuló con la plataforma digital HABITABLE, desarrollada durante la primera semana posterior al evento, que centralizó la recopilación de datos, permitió la georreferenciación de las inspecciones y generó reportes en tiempo real para la toma de decisiones. La formación de cerca de 4.900 inspectores y la organización de centros operativos, jefes de zona y brigadas permanentes constituyen un caso de movilización institucional de gran escala que no tiene precedentes en la historia sísmica reciente del país.

El trabajo culmina con la elaboración de cuatro manuales de lineamientos técnicos para la estabilización mediante apuntalamiento, la evaluación y restitución de mampostería, la reparación de elementos de concreto reforzado con daño leve y moderado, y las consideraciones básicas para la actuación en caso de daño severo. Estos lineamientos, junto con la propuesta de una Norma Sismorresistente de Emergencia, constituyen la respuesta normativa más concreta y articulada generada por el evento. La propuesta de Norma Sismorresistente de Emergencia, descrita en el apartado 3.2, amplifica el espectro de respuesta por un factor de campo cercano, establece limitaciones para la construcción en zonas próximas a la falla de San Sebastián, aumenta las fuerzas de diseño de pórticos con paredes de relleno frágiles, exige anclajes pared-estructura y reduce las derivas admisibles para proteger la mampostería.

La respuesta institucional no se limitó a la evaluación de daños. Incluye la movilización de delegaciones internacionales (Stanford, Universidad del Norte de Colombia, Universidad de Chile, Portugal, Estados Unidos, China, Nueva Zelanda, Chile, Japón, Francia, México), la instalación de 14 hospitales de campaña con apoyo de embajadas y organismos internacionales, la participación de grupos USAR (Búsqueda y Rescate Urbano) de más de diez países, y la recolección de materiales para estudios de patología estructural en el IMME y FUNDALANAVIAL. Esta dimensión de la respuesta, aunque no es el núcleo del trabajo, evidencia que el evento del 24 de junio de 2026 movilizó una respuesta internacional de gran escala, y que la cooperación técnica y humanitaria jugó un papel relevante en la atención de la emergencia.

La respuesta al evento del 24 de junio de 2026 puso de manifiesto una dimensión de la gestión del riesgo que trasciende la caracterización física del fenómeno y la evaluación de los daños: la definición de las responsabilidades que competen a las alcaldías y concejos municipales en la gestión local del riesgo de desastres.

"Responsabilidades e incertidumbres en torno a la gestión municipal de los riesgos siconaturales y tecnológicos" (Estévez, 2026) aborda esta dimensión desde una perspectiva normativa, institucional y propositiva, y formula un modelo estructurado de Plan de Gestión Local de Riesgos. El autor parte de una constatación histórica: los cuatro últimos eventos desastrosos que han ocurrido en Venezuela en los últimos sesenta años, el terremoto de Caracas de 1967, el terremoto de Cariaco de 1997, las crecidas torrenciales y flujos de detritos que sepultaron parte del Municipio Vargas en diciembre de 1999, y los terremotos de La Guaira del 24 de junio de 2026, no fueron eventos inesperados. En el caso de Cariaco, el oriente de Venezuela ha sido reiteradamente afectado por terremotos destructores en 1530, 1684, 1766, 1797, 1853 y 1929, todos ellos bien descritos y probablemente asociados a la Falla del Pilar. En el caso de Vargas, desde el informe presentado el 15 de febrero de 1798 por Don Juan Nepomuceno de Pedroza, Oidor de la Real Audiencia de Caracas, hasta las observaciones que en 1950 hiciera el Dr. Eduardo Rohl, director del Observatorio Cajigal, se han reseñado decenas de crecidas torrenciales como la ocurrida en 1999. Esta recurrencia histórica plantea una pregunta central para la gestión del riesgo: si los eventos eran conocidos y los especialistas habían advertido repetidamente sobre la amenaza, ¿por qué no se tomaron las medidas preventivas? La respuesta, según el autor, remite a una concepción de los desastres como castigos divinos o fenómenos naturales inevitables, frente a los cuales la sociedad se percibía impotente.

El trabajo describe el cambio de paradigma que se produjo a partir de la última década del siglo XX, cuando se entendió que los desastres se deben no solo a la magnitud de los fenómenos naturales o sociales que los generan (las amenazas), sino también al nivel de predisposición que tienen los asentamientos humanos a ser afectados y sufrir daños (la vulnerabilidad). Los desastres dejaron entonces de considerarse "naturales" y pasaron a ser productos sociales que se gestan al definir formas de ocupación territorial que ignoran las previsiones que cada tipo de amenaza demanda. Esta nueva concepción generó un cambio de paradigma: los desastres no son inevitables y pueden minimizarse en la medida en que se aprenda a reducir las vulnerabilidades, construyendo obras más resistentes a las amenazas presentes, en sitios donde su impacto sea el menor posible, y mejorando la resiliencia de las ciudades y sus pobladores. La responsabilidad de las sociedades pasó de solo prepararse para responder apropiadamente frente a la ocurrencia de un desastre, a tratar de evitar la construcción de condiciones de riesgo mediante medidas de prevención y mitigación adecuadas a los planes de desarrollo y a la práctica cotidiana de los organismos y las personas encargados de ejecutarlos.

El autor ilustra la cadena de responsabilidades compartidas con el caso de los 35 niños fallecidos en las escuelas colapsadas de Cariaco, construidas prácticamente encima de la Falla del Pilar. Su análisis plantea una serie de preguntas que diseccionan la cadena de responsabilidades: ¿no serán responsables los arquitectos e ingenieros que diseñaron y calcularon la escuela sin considerar apropiadamente la amenaza sísmica presente en el lugar? ¿Qué hay del alcalde y los concejales que permitieron su construcción en una zona de reconocido y bien documentado riesgo sísmico? ¿O serán responsables los funcionarios de FEDE, encargados de la construcción y mantenimiento de escuelas en el país? ¿Y por qué no culpar al Ministerio de Educación, responsable de planificar todo lo relativo a las instalaciones de instrucción pública? ¿Y el director y los maestros de esas escuelas no son responsables por ley de garantizar la seguridad de los estudiantes en su plantel? ¿Y los padres de los niños están libres de culpa por no haberse preocupado de si sus hijos estaban asistiendo a unas instalaciones educativas seguras? La conclusión del autor es que todos en esta cadena comparten la responsabilidad por la muerte de esas 35 criaturas. Esta disección de la cadena de responsabilidades es un aporte conceptual porque evidencia que los desastres no son el producto de una única falla, sino de una acumulación de omisiones institucionales y profesionales que la ley está llamada a sancionar.

El trabajo expone el marco legal que establece las responsabilidades de los funcionarios públicos y profesionales en la generación de escenarios de riesgo. La Ley de Gestión Integral de Riesgos Siconaturales y Tecnológicos (2009) establece en su Artículo 59 que todo funcionario público que otorgue permisos, licencias, concesiones o autorizaciones para la construcción de cualquier obra de infraestructura en zonas declaradas de riesgo, o que contribuya de algún modo a generar situaciones de riesgo o desastre, será sancionado con multas de mil a cinco mil unidades tributarias. El Artículo 60 establece que toda persona natural o jurídica que construya o promueva la construcción en zonas declaradas de riesgo, con inobservancia de las variables urbanas y de los planes de desarrollo local, o que promueva la reconstrucción de viviendas destruidas en zonas declaradas de riesgo, será sancionada con la demolición de lo construido y multa de cien a diez mil unidades tributarias. El Artículo 26 establece que en toda edificación en la que funcionen dependencias o servicios públicos se deberán desarrollar esfuerzos para caracterizar y mitigar sus respectivos niveles de amenaza y vulnerabilidad, siendo responsabilidad de las instituciones a cargo de cada uno de estos espacios coordinar e instrumentar las acciones requeridas. El Artículo 45 establece que todos los órganos y entes del Estado deben incluir en su previsión presupuestaria recursos para la formulación y ejecución de proyectos y actividades dirigidas a dar cumplimiento a la política nacional de gestión integral de riesgos siconaturales y tecnológicos.

El autor formula un modelo estructurado de Plan de Gestión Local de Riesgos, integrado por cinco componentes. El diagnóstico profesional es el primer componente. Debe identificar, caracterizar y jerarquizar las amenazas, el nivel de exposición, las vulnerabilidades y los riesgos locales más significativos. Este diagnóstico incluye la caracterización de las

amenazas más significativas (fenómenos hidroclimáticos extremos, movimientos de masa, terremotos y amenazas tecnológicas) con estimación de probabilidades de excedencia de valores tolerables máximos de intensidad en ventanas de tiempo futuro (25, 50, 100 años) y microzonificación sísmica para evitar fenómenos de resonancia y efectos de sitio en construcciones de viviendas. Incluye también la evaluación de la vulnerabilidad física y social de las líneas vitales, edificaciones esenciales, educativas, patrimoniales, religiosas, de salud, vialidad y viviendas; la estimación y zonificación de la susceptibilidad de los terrenos donde existen o se construirán obras civiles; la traducción de los productos profesionales del diagnóstico a formatos comprensibles por el sector político, público, privado y tomadores de decisiones, incorporando mapas en PDF de alta resolución con semaforización de tres colores para normar ordenanzas municipales de ocupación y uso del suelo; la evaluación de la vulnerabilidad operativa e institucional mediante planes de contingencia que garanticen la continuidad operativa post-desastre de hospitales, centros de mando, bomberos, depósitos de insumos vitales y líneas de vida; la valoración de la vulnerabilidad socioeconómica y la capacidad de recuperación comunitaria; la zonificación de elementos expuestos mediante el mapeo de densidad poblacional, líneas vitales, edificaciones e infraestructura; y la elaboración de mapas multiamenazas y la estimación matemática del riesgo como la probabilidad de daño en función de la amenaza, la vulnerabilidad y la exposición.

Las medidas prospectivas constituyen el segundo componente. Pretenden evitar la construcción de nuevos riesgos mediante el ordenamiento territorial basado en los planes de desarrollo sostenible y resiliente, la microzonificación sísmica y geotécnica, los escenarios de riesgo, la conservación de la vivienda y del hábitat, y la vulnerabilidad social asociada. Incluye también el marco jurídico municipal mediante ordenanzas que obliguen a la evaluación de riesgos en todo nuevo proyecto público o privado y que establezcan sanciones a los infractores; y los programas educativos de formación de profesionales y técnicos en el área, cursos cortos de diplomados y maestrías en gestión de riesgos, capacitación a comunidades e instituciones para la prevención y manejo de emergencias y desastres, incorporación de la gestión de riesgos en los planes educativos de la escolaridad básica y del bachillerato, y evaluación de las instituciones educativas con prácticas de desalojo de emergencia.

Las medidas correctivas conforman el tercer componente. Están dirigidas a corregir o mitigar las vulnerabilidades y amenazas existentes mediante obras civiles de mitigación (reforzamiento estructural de túneles y puentes, estabilización de taludes, canalización de cauces y reforestación), la adecuación normativa para obligar a propietarios e instituciones a evaluar y corregir vulnerabilidades en inmuebles existentes, y la capacitación técnica para la ejecución de obras de mitigación a nivel comunitario e institucional.

Las medidas reactivas integran el cuarto componente. Preparan para enfrentar eventos mayores mediante la implementación de planes EDAN en municipios y parroquias,

con procedimientos para la Evaluación de Daños y Análisis de Necesidades y entrenamiento de alcaldes y prefectos; la dotación de salas situacionales municipales y parroquiales en coordinación con Protección Civil, Bomberos y Ejército; la elaboración de planes de emergencia municipales, parroquiales, comunitarios y familiares; la coordinación de redes y planes de apoyo hospitalario, rescate, triaje, albergues y suministros de emergencia; la instalación de sistemas de alerta temprana para crecidas torrenciales y movimientos de masa; la asignación presupuestaria permanente mediante un fondo especial de emergencia; y el aseguramiento de bienes municipales mediante pólizas contra terremotos y otras amenazas, acompañadas de simulacros periódicos.

El plan de rehabilitación resiliente cierra el modelo como quinto componente. Debe garantizar el restablecimiento inmediato de las líneas vitales (suministro de agua potable, electricidad, gas, telecomunicaciones, internet, atención médica y hospitalaria, suministro de medicinas, alimento y abrigo, vialidad, incluyendo puentes y túneles) y de las edificaciones esenciales (hospitales, instalaciones educativas y patrimoniales, oficinas públicas).

Estévez (2026) propone un marco normativo y metodológico que no se aplica específicamente al evento del 24 de junio de 2026 ni evalúa el desempeño de las alcaldías durante la emergencia. Sin embargo, ofrece el marco institucional y legal para comprender por qué la respuesta municipal fue deficiente y qué debería hacerse para fortalecerla. El autor cita el caso de Manizales, Colombia, donde las proposiciones adelantadas y coordinadas por la gestión local del riesgo permitieron una respuesta eficaz durante el último gran terremoto de Colombia. Este ejemplo demuestra que la gestión municipal del riesgo no es una utopía, sino una práctica posible que requiere voluntad política, capacidad técnica y continuidad institucional.

La recuperación de un territorio afectado por un desastre sísmico de gran magnitud no se agota en la reconstrucción de la infraestructura física ni en la actualización de la normativa sismorresistente. Requiere, además, abordar la dimensión humana de la recuperación: el estado psíquico, orgánico y relacional de los habitantes del territorio, y el capital conductual de la población civil y la fuerza laboral.

"Rediseño Urbano y Continuidad de Operaciones Post-Sismo en el Eje Caracas - La Guaira: Un Modelo de Prospectiva Territorial Basado en el Control de Intangibles y Sintonización Neurofisiológica" (Caraballo, 2026). Se aborda esta dimensión desde una perspectiva transdisciplinaria que articula la planificación prospectiva, la antropología del desastre y la neurobiología de la percepción temporal, y formula un enfoque estratégico estructurado en tres fases secuenciales e interdependientes.

El autor parte de una constatación fundamental: los modelos de control técnico tradicionales de carácter lineal, que reducen la respuesta a un cálculo de variables físicas y volumétricas, fallan estructuralmente al intentar procesar la crisis bajo una lógica estrictamente mecanicista y predictiva. Esta simplificación metodológica ignora un factor crítico que

determina la viabilidad de cualquier plan de recuperación: el capital conductual y el estado de shock pasivo, pánico crónico e impotencia en el que se encuentra la población civil y la fuerza laboral. El autor sostiene que el dogma convencional de la "reconstrucción lineal", entendido como la inercia técnico-política de levantar exactamente las mismas tipologías de edificación e infraestructura sobre fallas geológicas activas, limitándose a rigidizar los materiales constructivos, resulta financieramente inviable, biológicamente hostil y estratégicamente estéril si no se estabiliza de forma simultánea la dimensión psíquica, orgánica y relacional de los habitantes del territorio. Esta tesis, aunque formulada en un lenguaje que se aparta de los estándares de la ingeniería civil y la sismología tradicional, plantea una pregunta central: ¿puede la reconstrucción de un territorio reducirse a la reposición de la infraestructura física sin atender al estado de la población que la habita?

La primera fase del modelo, denominada "Diagnóstico de Impacto Humano y Gestión de la Incertidumbre Crítica", se articula mediante un protocolo de auditoría de campo y análisis del observador interno. Esta fase realiza un levantamiento sistemático de las fracturas relacionales, psicológicas y emocionales de la estructura social, identificando y decodificando las microtensiones comunitarias para proveer a las agencias de Protección Civil una cartografía de viabilidad humana que permita intervenir proactivamente antes de que el trauma derive en dinámicas de anomia social o ingobernabilidad urbana. El autor documenta que la desocupación forzosa de las torres financieras y corporativas en el eje Chacao-Altamira no solo visibiliza la vulnerabilidad de la infraestructura física, sino el colapso latente del modelo de gestión de riesgos tradicional, que asumió el control técnico absoluto sobre el territorio sin integrar la memoria y las restricciones de la geografía local. Esta fase de diagnóstico inmersivo actúa como una auditoría de riesgos intangibles, y su aporte más valioso es el reconocimiento de que la respuesta a un desastre no puede limitarse a la dimensión física.

La segunda fase, denominada "Prospectiva Estratégica", configura el escenario de continuidad de operaciones y rediseño urbano mediante la co-construcción de un escenario deseable denominado "Caracas Resonante". Este escenario desplaza el paradigma del desarrollo urbano enfocado en la prioridad del automóvil, la concentración demográfica vertical y las torres de cristal tradicionales, y sitúa en el centro neurálgico del diseño al Waraira Repano (El Ávila) y decreta la preservación absoluta de sus cuencas hídricas, utilizándolas como corredores naturales de evacuación, amortiguación ambiental y ejes de conectividad segura. El modelo propone la transición urbana hacia estructuras modulares de baja altura y carácter dinámico, rompiendo con el principio mecanicista tradicional de intentar resistir el movimiento telúrico mediante la fuerza de materiales rígidos, y adoptando los principios de flexibilidad y elasticidad biomimética. Esta propuesta de rediseño urbano, aunque formulada en términos prospectivos, converge con las recomendaciones de otros trabajos sobre la necesidad de adaptar la función urbana al nivel de amenaza y de evitar la repetición de los patrones de ocupación vulnerable del pasado.

La tercera fase, denominada "Implantación Operativa y Gobernanza Territorial Autónoma", introduce los criterios de diseño bioacústico en los manuales técnicos de ingeniería y normativas de desarrollo urbano, moviliza el capital humano mediante matrices de comunicación y liderazgos arquetípicos, y produce referencias culturales, hitos y señaléticas que validen la permanencia y adaptabilidad del nuevo modelo urbano. El autor propone traducir los principios de sintonía neurofisiológica al lenguaje formal de la ingeniería de seguridad, la salud ocupacional y el urbanismo preventivo bajo el marco conceptual de "Mecanismos de señalética háptica y sónica para la gestión, mitigación e inducción de flujos humanos en entornos de alta densidad". Esta estrategia de "traducción regulatoria" busca insertar los protocolos en los manuales oficiales de Protección Civil y en las ordenanzas municipales.

El trabajo se apoya en la antropología del desastre para articularla con la planificación prospectiva. Los estudios sobre culturas locales y desastres señalan que el error histórico del estamento institucional e ingenieril en América Latina ante catástrofes, como los deslaves de Vargas de 1999, radica en subvalorar la vivencia psicológica y el saber del "observador interno" (el habitante del territorio). Las agencias tradicionales aíslan el desastre reduciéndolo de forma exclusiva a variables físicas euclidianas y estructurales. El autor retoma esta crítica para proponer la integración de la Contabilidad Global de los Intangibles, que permite a los equipos humanos de planificación inventariar, tasar y activar el capital intangible latente: la resiliencia comunitaria, el saber tradicional y la coherencia biológica colectiva. El trabajo también se apoya en la neurobiología de la percepción temporal y en métodos de prospectiva estratégica para fundamentar su enfoque.

El trabajo de Caraballo plantea integrar el capital conductual y la estabilización psíquica en la planificación de la reconstrucción, un componente que no suele recibir atención en los enfoques técnicos convencionales. El propio autor reconoce que su propuesta "no pretende sustituir los diagnósticos estructurales de la ingeniería civil dura o de la sismología tradicional, sino integrarse a ellos", y plantea traducir los principios de sintonía neurofisiológica al lenguaje formal de la ingeniería de seguridad, la salud ocupacional y el urbanismo preventivo. La articulación entre estos conceptos y la práctica de la ingeniería sismorresistente es un campo en construcción, y su desarrollo requerirá validación empírica en contextos de respuesta a desastres sísmicos. El trabajo señala una dimensión de la recuperación que trasciende la reposición de infraestructura: el estado psíquico, orgánico y relacional de los habitantes del territorio afectado. La gestión del riesgo no es un problema solamente técnico o de ingeniería; es también un problema de gobernanza. La transición desde el modelo clásico burocrático hacia un paradigma que involucre horizontalmente al Estado, la sociedad civil y el sector privado es indispensable para que la reconstrucción no reproduzca las vulnerabilidades preexistentes (Oviedo, 2026).

6. DIMENSIÓN SOCIAL, EDUCATIVA, HISTÓRICO-CULTURAL Y ECONOMÍA DEL RIESGO

La dimensión humana de la recuperación, señalada al cierre de la sección anterior, conduce al análisis de la dimensión social, educativa, histórico-cultural y económica del riesgo sísmico. El evento del 24 de junio de 2026 no solo puso a prueba la infraestructura y la normativa; también evidenció la importancia de las representaciones sociales, la educación ciudadana, la gobernanza institucional y la protección financiera como componentes de la gestión integral del riesgo. Estos factores condicionan la percepción del riesgo, la efectividad de las medidas técnicas y la capacidad de recuperación de las comunidades afectadas.

6.1. Cultura, patrimonio y memoria del riesgo

“Aproximación a la hagiografía sísmica de Venezuela” (Rodríguez et al., 2026) aborda las respuestas religiosas ante los terremotos desde una perspectiva histórica y cultural, documentando las devociones que han sido investidas como protectoras contra los sismos. La dimensión cultural del riesgo sísmico comprende las representaciones sociales, las prácticas religiosas y los imaginarios colectivos que las comunidades han construido para interpretar y enfrentar los terremotos. Su estudio es esencial para comprender por qué las sociedades responden de determinada manera ante la amenaza y para diseñar estrategias de educación y comunicación culturalmente pertinentes. El trabajo se sustenta en fuentes históricas primarias y secundarias, y establece conexiones con la sismología histórica y la gestión del riesgo. Su aporte principal es demostrar que las respuestas religiosas constituyen un componente esencial del imaginario sísmico y de la percepción del riesgo, y que su comprensión es necesaria para diseñar estrategias de educación y comunicación del riesgo culturalmente pertinentes.

La investigación parte de una constatación fundamental: en Latinoamérica, la relación sociedad-naturaleza estuvo mediada durante los tres siglos de la Colonia por la Iglesia, y esa visión del orden universal como producto de la voluntad de Dios, que incluye la interpretación de los fenómenos naturales y de los desastres, aún no ha sido desarraigada de las mentalidades y de las culturas. Las devociones antisísmicas son las prácticas religiosas mediante las cuales las comunidades invocan a santos y advocaciones marianas como protectores contra los terremotos. Los terremotos, en particular, han sido interpretados con frecuencia como signos de la cólera divina, como castigos por haber abandonado la obediencia al Señor, o como manifestaciones de la acción de Satanás. Esta interpretación mágico-religiosa ha generado un amplio repertorio de respuestas que incluyen procesiones, misas, rogativas, oraciones, exvotos, el bautizo de los sismos con el nombre del santo en cuyo día ocurre el evento, y la elección de patronos antisísmicos.

El trabajo reconstruye con rigor histórico los principales casos de la hagiografía sísmica venezolana. El terremoto de San Bernabé del 11 de junio de 1641, el primer terremoto documentado en la historia de Caracas, es descrito en una carta

del rey Felipe IV al gobernador Ruy Fernández de Fuenmayor, quien había traído consigo a miembros de la Orden Mercedaria para fundar un convento en la ciudad. La relación entre la fundación del convento y el terremoto ilustra cómo los eventos sísmicos fueron utilizados para justificar la presencia de órdenes religiosas y para consolidar devociones. El terremoto de Santa Úrsula del 21 de octubre de 1766 marcó un hito en la devoción a Nuestra Señora de las Mercedes, que pasó de ser patrona de los cultivadores de cacao a ser proclamada "Abogada de los Terremotos" por el Cabildo de Caracas.

El terremoto del 26 de marzo de 1812, que destruyó Caracas y otras ciudades, generó una profunda división entre monárquicos e independentistas, quienes interpretaron el evento como un castigo divino o como una señal de la voluntad de Dios. La documentación de estas interpretaciones, que incluye las palabras del arzobispo Narciso Coll y Pratt, "espantoso, pero bien merecido terremoto", y del patriota Rafael León, "Dios manifestó patentemente su voluntad destruyendo hasta las casas", evidencia cómo el fenómeno sísmico fue utilizado políticamente por ambos bandos.

El trabajo también examina las devociones marianas y los santos que han sido invocados como protectores contra los terremotos. Nuestra Señora de las Mercedes, cuya devoción se remonta a 1766 y se prolonga hasta 1812, fue invocada nuevamente en 1900 en Río Chico. La Virgen del Rosario de San Jacinto, más conocida como Nuestra Señora de los Terremotos, cuya imagen se encuentra en la Iglesia de Altagracia, fue objeto de culto caraqueño y se le mantuvo misa votiva y tradicional con las preces del día del sismo. San Emigdio, apóstol y mártir germano, es invocado como "abogado de los temblores" y se le dedicó una iglesia en San Pedro de Capacho, estado Táchira. San Roque, San Felipe y San Bartolomé también aparecen en el santoral antisísmico venezolano, aunque con connotaciones diversas. La Virgen de Regla, en Tovar, estado Mérida, es asociada al terremoto del 28 de abril de 1894, conocido como el Gran Terremoto de los Andes. El Señor de los Milagros, venerado en Perú, fue introducido a Venezuela como el Cristo de Pachacamilla o Cristo Moreno. El Santo Cristo de La Grita, cuya devoción se construyó por causas del terremoto de 1610, es otro ejemplo de la diversidad de devociones.

Este trabajo muestra que las respuestas religiosas no son un fenómeno anecdótico o supersticioso, sino un componente del imaginario sísmico y de la percepción del riesgo. La forma en que una sociedad interpreta y responde a los terremotos condiciona su nivel de vulnerabilidad. Las devociones antisísmicas, las procesiones y las rogativas no solo expresan una cosmovisión religiosa; también revelan la necesidad de las comunidades de encontrar sentido y protección frente a un fenómeno que perciben como incontrolable. Comprender estas representaciones es esencial para diseñar estrategias de educación y comunicación del riesgo culturalmente pertinentes, que reconozcan y dialoguen con las creencias y prácticas existentes.

El trabajo concluye con una reflexión sobre la necesidad de una investigación multidisciplinaria que articule la sismología y la historia, y que permita elaborar un catálogo de las devociones

antisísmicas en Venezuela. Los autores señalan que un estudio detallado a nivel local, municipal y estatal podría dar luz sobre la cantidad de santos y devociones que han sido investidos con cualidades antisísmicas, e incluso sobre aquellas que, atribuyendo cualidades mágico-religiosas, carecen de ellas y han pasado de unos a otros por mera tradición oral. Esta línea de investigación, apenas iniciada, abre un campo de estudio de gran relevancia para la comprensión de la vulnerabilidad social y para el diseño de estrategias de reducción del riesgo culturalmente sensibles.

“Vulnerabilidad estructural y desafíos de conservación en el patrimonio religioso de Venezuela: lecciones y evaluaciones tras el evento sísmico del 24 de junio de 2026” (Balza y Montecalvo, 2026). Este trabajo reporta la evaluación de 51 templos en las diócesis de Caracas, La Guaira y Petare, de los cuales 42 sufrieron afectaciones de mediana a muy alta gravedad. La vulnerabilidad del patrimonio religioso ilustra cómo las dimensiones culturales y estructurales del riesgo se entrelazan. Los templos históricos no solo son espacios de culto y memoria colectiva; son también edificaciones frágiles, construidas con técnicas antiguas que no resisten las sollicitaciones sísmicas modernas. Su aporte principal es la caracterización de los patrones de falla en edificaciones patrimoniales construidas con técnicas antiguas (mampostería no reforzada, tapia, ladrillo macizo y calicanto) y la identificación de los mecanismos que amplificaron los daños: la ausencia de diafragma rígido en techos, el comportamiento dinámico de elementos esbeltos, la incompatibilidad entre refuerzos históricos de distinta rigidez y la degradación acumulada por falta de mantenimiento. El trabajo se encuentra en las fases 2 y 3 de un plan de cinco fases, por lo que sus conclusiones son preliminares.

El patrimonio religioso constituye un caso particular de vulnerabilidad estructural que combina la fragilidad de las técnicas constructivas antiguas con el valor histórico y cultural de las edificaciones. La evaluación de 51 templos en las diócesis de Caracas, La Guaira y Petare documenta que 42 de ellos sufrieron afectaciones de mediana a muy alta gravedad, con una concentración crítica en La Guaira, donde el 100% de las edificaciones evaluadas presentaron daños graves o muy graves (Balza y Montecalvo, 2026). La mayoría de estos templos fueron construidos antes del terremoto de 1967 y carecen de criterios sismorresistentes modernos. Sus muros portantes de mampostería no reforzada, tapia o ladrillo macizo resisten bien los esfuerzos de compresión vertical, pero se comportan de manera frágil ante esfuerzos horizontales. La geometría agrava esta vulnerabilidad: torres de campanario esbeltas sin arriostramiento, cúpulas y bóvedas pesadas en las zonas altas, y fachadas exentas de la estructura de la nave.

El análisis de los mecanismos de daño revela cuatro patrones recurrentes. El primero es el efecto del doblete sísmico sobre materiales y sistemas constructivos antiguos: la mampostería estructural, caracterizada por baja resistencia a la tracción, sufrió un agrietamiento inicial que redujo su rigidez lateral, y el segundo evento actuó sobre estructuras ya degradadas, acelerando los mecanismos de colapso local y provocando el desprendimiento de revestimientos ornamentales pesados. A

este se suma el comportamiento dinámico de elementos exentos y esbeltos: la amplificación topográfica y geométrica en torres, cúpulas y frontones duplicó o triplicó las aceleraciones de la base, generando fallas en las uniones de estructuras adosadas, grietas por torsión y volcamiento potencial de cornisas y pináculos. La ausencia de diafragma rígido en techos constituye el tercer patrón: las cubiertas de madera simplemente apoyadas sobre los muros portantes funcionan como diafragmas flexibles, lo que permitió que cada muro vibrara de forma independiente, causando grietas longitudinales en las claves de los arcos y empujes hacia el exterior que amenazaron con el desplome de las paredes laterales. Cierra el conjunto la incompatibilidad entre refuerzos históricos de distinta rigidez: las reparaciones realizadas tras los sismos de 1812, 1900 y 1967 combinaron elementos originales de mampostería con vigas de acero y concreto armado, y la concentración de esfuerzos en estos elementos más rígidos hizo colapsar los elementos de mampostería a los que estaban adosados, como ocurrió en la fachada de la Iglesia de San Sebastián en Maiquetía.

Los seis casos de estudio detallan estos mecanismos. La Catedral de Caracas, edificio neoclásico de cinco naves con una cúpula sobre el altar mayor, sufrió fracturas en la torre campanario, fallas en la techumbre de la nave lateral izquierda por separación de apoyos, desplazamiento del muro portante de la Capilla San Pedro con amenaza de colapso de la techumbre mudéjar, y agrietamiento en arcos y bóvedas. La Rectoría de Nuestra Señora de la Merced, con muros portantes de tapia y torretas de ladrillo macizo, presentó una grieta de 7,5 cm en la torre sur-este, con peligro de colapso, y deformación de los marcos de las puertas principales. La Iglesia de San José de Ñaraulí, en Cotiza, sufrió el colapso total de la cubierta de madera de la nave derecha y parcial de la nave izquierda, con vigas de madera que tenían apoyos menores a 8 cm y graves problemas de humedad; las torres de fachada, construidas solo con ladrillos macizos sin elementos estructurales, quedaron en compromiso estructural total. La Catedral de La Guaira presentó fallas por flexión de extremo en una de sus columnas, con fractura y pérdida de material en la parte superior, y agrietamiento en las partes superiores e inferiores del resto de las columnas. La Iglesia de San Sebastián de Maiquetía sufrió el colapso total de la fachada en las secciones correspondientes a la nave izquierda y central, y la torre del campanario se fracturó en cuatro partes. La Iglesia de Nuestra Señora de la Candelaria de Tarmas perdió aproximadamente una cuarta parte del techo de la nave única, el contrafuerte generó una grieta con el muro portante, y la fachada se separó de los muros de la nave.

Los autores proponen un plan de acción de cinco fases: evaluación rápida, evaluación detallada, elaboración de proyectos, ejecución de la reconstrucción y seguimiento, y proponen lineamientos de intervención que armonicen la arquitectura y la estructura. Entre las técnicas compatibles con edificios patrimoniales se incluyen la inyección de resinas epóxicas, la cal hidráulica en grietas de mampostería, los morteros de alta permeabilidad, los tensores ocultos y las mallas de fibra de carbono.

El trabajo concluye con tres hallazgos principales. El primero es que la ausencia de planes de mantenimiento y la dilatación de los mantenimientos básicos expusieron los efectos del doblete sísmico. El segundo muestra que la escasa información planimétrica precisa de los templos obligó a realizar levantamientos específicos, lo que evidencia una carencia de documentación técnica que dificulta la planificación de intervenciones. El tercero revela que los refuerzos estructurales se limitaron a las partes dañadas y no a la edificación en su totalidad, lo que provocó que partes reforzadas dañaran partes no reforzadas. La lección es que las edificaciones patrimoniales deben comprenderse como una unidad a reforzar, y que su conservación requiere un plan nacional de gestión de riesgos, normas especiales de mantenimiento preventivo y estudios sobre el comportamiento sísmico de estructuras de mampostería antigua en Venezuela.

El trabajo aborda un aspecto del patrimonio construido que no había sido tratado en los apartados anteriores y articula la vulnerabilidad estructural con los desafíos de conservación del patrimonio histórico. Demuestra que la conservación del patrimonio no es solo una cuestión de valor histórico o cultural, sino también de seguridad estructural, y que las estrategias de intervención deben armonizar la autenticidad arquitectónica con las exigencias irrenunciables de la seguridad estructural y la resiliencia urbana. La ausencia de estudios sobre el comportamiento sísmico de estructuras de mampostería antigua en Venezuela abre un campo de investigación de gran relevancia para la reducción del riesgo en el patrimonio construido.

6.2. Educación y gobernanza del riesgo

“De la memoria sísmica a la educación sísmica: cómo actuar y aplicar protocolos de protección personal. Lecciones tras los sismos del 24/06/2026” (Mariño, 2026). Este trabajo articula la memoria sísmica con la educación y formula protocolos de actuación ciudadana en tres fases: antes, durante y después del sismo. La educación sísmica y la preparación ciudadana constituyen la base sobre la cual se sostienen las demás medidas de reducción del riesgo. De poco sirve una infraestructura resistente si la población no sabe cómo actuar durante un sismo; de poco sirven los protocolos de protección civil si no se interiorizan mediante la práctica sistemática. Su aporte principal es la articulación de la memoria sísmica con la educación sísmica, y la formulación de protocolos de actuación ciudadana en tres fases: antes, durante y después del sismo. El trabajo analiza la vulnerabilidad de la infraestructura escolar, con antecedentes como el colapso de dos planteles durante el terremoto de Cariaco de 1997, y propone reactivar el “Plan Nacional de Prevención ante la Amenaza Sísmica para Edificaciones Educativas”. De igual modo, introduce el cambio de paradigma sobre la amenaza sísmica en el Escudo de Guayana, a partir de la evidencia de sismicidad de profundidad intermedia y de atenuación anómala en Ciudad Bolívar y Ciudad Guayana, lo que hace prioritaria la revisión de la norma COVENIN 1756-1:2019 para esa región. Su principal limitación es que algunas de sus propuestas, como el Consejo Interinstitucional, son prescriptivas y no han sido implementadas; sin embargo, su contribución es valiosa

porque documenta la dimensión educativa del riesgo y formula recomendaciones concretas.

La memoria sísmica de una nación no se construye únicamente sobre la magnitud de sus terremotos o el registro instrumental, sino sobre la capacidad colectiva de aprender de ellos y transformar la vulnerabilidad en cultura de prevención. El trabajo señala que la interacción entre las placas del Caribe y Sudamericana expone a cerca del 80% de la población venezolana a una elevada amenaza sísmica, concentrada en una franja norte de 100 a 110 km de ancho donde se ubican los principales centros urbanos, industrias e infraestructuras del país. Los eventos del 24 de junio de 2026, con su sucesión crítica de dos terremotos destructivos, reafirmaron que la mejor herramienta de ingeniería y gestión de riesgo pierde efectividad si la ciudadanía desconoce cómo reaccionar en el momento crítico.

La infraestructura escolar representa un punto de atención crítico. Antecedentes históricos revelan que unos 30 eventos sísmicos habían causado daños sustanciales en al menos 592 edificaciones escolares antes del 24 de junio de 2026. El terremoto de Cariaco de 1997, con magnitud 6,9 Mw, evidenció la fragilidad de tipologías constructivas como el “Cajetón MOP-MINDUR” y el diseño “Antiguo I”, que sufrieron colapsos por aplastamiento de planta baja y causaron la muerte de 23 estudiantes y profesores. Tras ese evento se creó el “Aula Sísmica Madeleilis Guzmán”, un programa socioeducativo para la formación en gestión de la amenaza sísmica y autoprotección. El trabajo recomienda retomar el “Plan Nacional de Prevención ante la Amenaza Sísmica para Edificaciones Educativas” y ejecutar planes masivos de mitigación estructural y no estructural, incluyendo la fijación o reubicación de estanterías y bibliotecas pesadas y la eliminación de cargas pesadas en altura. La evaluación de vulnerabilidad sísmica de la infraestructura escolar es prioritaria: no basta con saber qué hacer durante un sismo si la estructura física colapsa.

Los protocolos de actuación ciudadana se organizan en tres fases. Antes del sismo, la preparación familiar debe contemplar la definición de un punto de encuentro en un área abierta y despejada, la ubicación estratégica de las llaves del hogar cerca de la puerta de salida y la preparación de una mochila de emergencia para 72 horas con agua, alimentos no perecederos, botiquín, linterna, radio a pilas, abrigo, silbato, herramientas y documentos vitales. Durante el sismo, la respuesta inmediata impone aplicar la directriz internacional “si se mueve, no se mueva”: mantener la calma, agacharse, cubrirse y agarrarse en un lugar seguro, protegiendo la cabeza en todo momento, y evitar el uso de escaleras o ascensores. Después de la sacudida, la evacuación debe realizarse de forma ordenada por rutas preestablecidas, evitando el uso de ascensores y la generación de chispas o fuego ante posibles fugas de gas, y prestando colaboración en la atención primaria de personas lesionadas.

El trabajo también plantea un cambio de paradigma sobre la amenaza sísmica en el Escudo de Guayana. La evidencia documentada desde el año 2000 revela la ocurrencia de sismos en la región norte de Guayana, con magnitudes $M_w \geq 5,0$ y profundidades entre 40 y 120 km, vinculados a la dinámica de la losa de subducción Sudamericana-Atlántica. Ciudad

Guayana y Ciudad Bolívar, emplazadas sobre los sedimentos poco consolidados del Pleistoceno de la Formación Mesa, en contacto discordante con las rocas competentes del cratón Precámbrico, muestran intensidades sísmicas que no respetan un patrón normal de atenuación con la distancia. El análisis histórico demuestra que la afectación sísmica en Guayana no es un fenómeno inédito: las crónicas del misionero jesuita Felipe Salvador Gilij ya registraban eventos telúricos como el terremoto del 21 de octubre de 1766, con impactos en los asentamientos del Bajo Orinoco. Estos hallazgos hacen prioritaria la revisión de la norma COVENIN 1756-1:2019 para el norte de Guayana.

El trabajo concluye con la propuesta de un Consejo Interinstitucional de Educación y Seguridad Sísmica, con una Secretaría Técnica Ejecutiva liderada por FUNVISIS y Protección Civil, que integre al Ministerio de Educación, la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat, el Colegio de Ingenieros de Venezuela y los gobiernos locales. Esta estructura permitiría articular la investigación técnico-científica con la revisión de normativas, la evaluación de vulnerabilidades en infraestructura esencial y la incorporación de la cultura del riesgo en los currículos escolares y planes comunitarios.

La prevención sísmica no debe responder a la contingencia del desastre, sino a una política pública de Estado continua y rigurosa. El trabajo propone normar los simulacros periódicos, mínimo dos al año, y convertir el protocolo de autoprotección en una respuesta condicionada automática. La articulación entre la educación, la normativa y la infraestructura es indispensable: la mejor herramienta de ingeniería pierde efectividad si la ciudadanía desconoce cómo reaccionar, y la mejor preparación ciudadana no puede compensar una infraestructura que colapsa. La propuesta de un Consejo Interinstitucional de Educación y Seguridad Sísmica apunta a corregir esta fragmentación, integrando la investigación técnico-científica con la revisión de normativas, la evaluación de vulnerabilidades y la incorporación de la cultura del riesgo en los currículos escolares y planes comunitarios.

El trabajo aborda la dimensión educativa del riesgo y formula recomendaciones concretas para la preparación ciudadana. Demuestra que la reducción del riesgo sísmico no es solo una cuestión de ingeniería y normativa, sino también de educación y cultura. La memoria sísmica, entendida como la capacidad colectiva de aprender de los eventos pasados, es el fundamento sobre el cual se construye una cultura de prevención. Sin ella, cada terremoto encuentra a la sociedad tan desprevenida como el anterior.

“La reorganización del entramado social en las zonas afectadas por el doblete sísmico del 24 de junio en Venezuela” (Oviedo, 2026). Aquí se analiza la crisis del modelo clásico burocrático frente al evento sísmico y propone una transición hacia el paradigma de la gobernanza para la reconstrucción. Su premisa fundamental es que los desastres no son eventos puramente naturales, sino una construcción social derivada de decisiones políticas y desigualdades históricas que generan vulnerabilidades socio-estructurales. Su aporte principal es la articulación de la noción de "construcción social del riesgo" con la propuesta de una gobernanza que

involucre de manera horizontal al Estado, la sociedad civil y el sector privado, y que reemplace la improvisación de la administración pública por modelos técnicos y participativos. El trabajo formula un marco teórico y normativo que no se aplica específicamente al evento del 24 de junio de 2026 ni evalúa el desempeño de las instituciones durante la emergencia. Sin embargo, su contribución es valiosa porque proporciona el marco conceptual e institucional para comprender por qué la respuesta fue deficiente y qué debería hacerse para fortalecerla.

El trabajo parte de una constatación fundamental: a pesar de la existencia de marcos normativos para la gestión del riesgo en Venezuela, el doblete sísmico del 24 de junio de 2026 reveló fallos críticos en la implementación de políticas públicas, la insuficiencia del manejo de recursos del Estado y la respuesta ineficaz a la contingencia en las primeras horas del desastre. La tesis central es que el período post-emergencia constituye una "ventana de oportunidad" para transformar las relaciones sociales y reducir la vulnerabilidad, pero que la implementación de políticas públicas inadecuadas y la improvisación por parte de quienes detentan el poder político pueden conducir a reconstrucciones apresuradas que ignoren el contexto social y reproduzcan las mismas vulnerabilidades preexistentes. El ejemplo del deslave de Vargas de 1999 y del terremoto de La Guaira de 2026 evidencia que, en ambos casos, se repitió el fracaso en la democratización del conocimiento del riesgo, las deficiencias de información oportuna y la prevalencia del enfoque de "respuesta a la emergencia".

El trabajo formula una crítica de la noción de "desastre natural". Siguiendo la literatura sobre la construcción social del riesgo, el autor sostiene que los desastres no son eventos puramente naturales, sino el resultado de procesos sociales, decisiones políticas y desigualdades históricas que se materializan en un territorio determinado. La naturaleza produce fenómenos, pero la sociedad construye los desastres. Un sismo es un evento geofísico neutro, pero su transformación en tragedia humana depende del escenario de vulnerabilidad que se haya edificado previamente. La vulnerabilidad ante un fenómeno natural no es producto de la espontaneidad, sino de condiciones estructurales definidas por tres dimensiones críticas: una vulnerabilidad material (infraestructura precaria y falta de cumplimiento de normas de construcción en zonas de alta exposición sísmica), una vulnerabilidad simbólica, invisibilización de grupos históricamente marginados en la planificación del espacio público, y una vulnerabilidad institucional caracterizada por la incapacidad de los organismos estatales para coordinar una respuesta preventiva, operando bajo lógicas improvisadas.

El trabajo propone una transición desde el modelo clásico burocrático hacia el paradigma de la gobernanza, entendida como una nueva relación trilateral entre el Estado, la sociedad civil y el sector privado. La nueva gestión pública, inspirada en el management privado, permitió reformar el sector público y restituir la capacidad de gestión del Estado, pero presenta disfunciones de tipo social al centrarse solo en la técnica gerencial, la economía y la eficacia, sin promover un nuevo tipo de participación ciudadana ni defender los valores colectivos. La gobernanza surge para corregir estas disfunciones,

estableciendo un espacio público deliberativo en el que los niveles de gobierno, las organizaciones privadas y las organizaciones civiles estén simétricamente representados. El gobierno sigue ocupando el papel central de dirección, pero ya no es el único actor en la resolución de las demandas sociales; crea relaciones mancomunadas y delega en las organizaciones sociales y privadas mecanismos de participación y competencias compartidas.

El trabajo examina también las etapas de recuperación y gestión de la vulnerabilidad. La reconstrucción no debe plantearse como el retorno al estado previo al desastre, sino como una oportunidad para modificar las causas estructurales del riesgo y redistribuir el poder y los recursos para que el territorio sea habitable de manera equitativa. Las etapas del proceso son cuatro. La emergencia dura días o semanas y termina con el cese de rescates y la búsqueda de sobrevivientes. La restauración dura semanas o meses y concluye con la reparación de los servicios principales y el retorno de los refugiados. La reconstrucción dura meses o años e implica la recuperación del nivel de población y el reemplazo funcional de viviendas. Los proyectos a largo plazo incluyen obras de infraestructura mayor y monumentos de superación. El trabajo retoma la idea de que la solución real para prevenir desastres, prepararse ante su eventualidad y prestar asistencia solo puede provenir de enfrentar los problemas básicos que ponen a los seres humanos en riesgo y acrecientan su vulnerabilidad, y que riesgos y pobreza no pueden separarse.

El trabajo concluye con una reflexión sobre la magnitud económica del desastre y la necesidad de una gobernanza proactiva. La pérdida estimada de 37 mil millones de dólares, según la UNDRR, debe analizarse como una erosión masiva y súbita del stock de capital expuesto del país, que ha condensado en segundos el equivalente a más de 30 años de pérdidas. La reconstrucción de las zonas afectadas no debe plantearse como el retorno al statu quo previo al desastre, sino como una oportunidad de implementar la gobernanza del riesgo, aplicando estándares modernos de reforzamiento estructural para romper el ciclo de vulnerabilidad histórica. La efectividad de la inversión post-desastre debe sustentarse en datos técnicos y modelos de riesgo detallados, y la toma de decisiones gubernamentales exige una robustez metodológica que minimice la incertidumbre a partir de la relación trilateral Estado, sociedad civil y sector privado que plantea el paradigma de la gobernanza.

El trabajo aporta el marco conceptual e institucional para comprender por qué la respuesta al evento del 24 de junio de 2026 fue deficiente y qué debería hacerse para fortalecerla. Demuestra que la gestión del riesgo no es un problema solamente técnico o de ingeniería, sino un problema de índole social y político, y que la reducción de la vulnerabilidad es, en última instancia, una cuestión de justicia social y de voluntad política para redistribuir el poder sobre el territorio afectado. La propuesta de una gobernanza proactiva, que reemplace la improvisación por modelos técnicos y participativos, apunta a corregir la brecha persistente entre el conocimiento técnico disponible y las decisiones de inversión pública.

6.3. Impactos humanos, económicos y protección financiera

“Los terremotos de Venezuela: Cuando las pérdidas no tienen cobertura” (Tineo, 2026) examina la brecha de protección financiera que pusieron en evidencia los terremotos del 24 de junio de 2026. Su tesis central es que las consecuencias económicas no eran inevitables, sino el resultado de la ausencia de protección financiera previa, y que la reconstrucción ofrece una ventana de política pública para construir la arquitectura financiera e institucional que Venezuela necesita para enfrentar futuros desastres. Este trabajo se articula con el de Oviedo (2026) en la dimensión económica del riesgo, y con el Capítulo 14 del GEER (Paul et al., 2026, Cap. 14) en la cuantificación de los impactos humanos y económicos.

La protección financiera frente a los desastres naturales no actúa sobre los daños físicos, sino sobre sus consecuencias económicas y financieras. Su función es asegurar que existan recursos disponibles cuando el riesgo se materializa: definir quién asume las pérdidas, con qué instrumentos y a qué costo, antes de que ocurra el evento. Sin esa política, la respuesta al desastre depende de lo que queda disponible después, que es siempre menos, más caro y más lento. Venezuela llegó al 24 de junio sin esa política. La cobertura de seguros era exigua: las primas representaban apenas el 0,9% del PIB en 2024, frente al 3,2% en promedio en América Latina y el 4,6% en Chile. Las reservas fiscales resultaban insuficientes para un evento de esta envergadura, y los mecanismos de transferencia de riesgo a los mercados de capitales eran prácticamente inexistentes, en un contexto de severas restricciones de acceso al financiamiento externo.

La magnitud del problema que esa protección busca resolver es alta. En 2024, de los 11.600 millones de dólares en pérdidas económicas por catástrofes naturales en América Latina, apenas 1.500 millones estaban asegurados: el 87% de las pérdidas no tenía cobertura alguna. Esta brecha de protección se agrava en países con mercados de seguros poco desarrollados, como Venezuela. Según la evaluación rápida de daños post-desastre publicada por el Banco Mundial el 13 de julio de 2026, los terremotos dejaron 19.600 millones de dólares en daños físicos directos. El 47% correspondió a las viviendas: pérdidas predominantemente privadas que recayeron sobre los propietarios, en su mayoría de escasos recursos. El 26% afectó a edificaciones no residenciales, de orden privado como los clubes recreativos, los centros comerciales y los pequeños comercios. El 27% restante correspondió a infraestructura pública: el aeropuerto de Maiquetía, el puerto de La Guaira, la red de agua y saneamiento, la eléctrica, y algunas escuelas y centros de salud, a lo que se suman los daños a las viviendas de la Gran Misión Vivienda Venezuela.

La distinción entre pérdidas privadas y públicas es requerida para la distribución de los daños. Cuando las propiedades privadas no están aseguradas, las pérdidas recaen inicialmente sobre los propietarios; pero cuando sus recursos no alcanzan, esa pérdida privada termina convirtiéndose en una presión sobre las finanzas públicas porque obliga al Estado a ofrecer

subsídios, soluciones habitacionales y otras ayudas de recuperación. Lo privado sin cobertura se vuelve público por defecto. En ausencia de protección financiera previa, el costo del desastre no desaparece: se traslada. Una parte de este problema tiene raíces técnicas. La calidad sísmica de una vivienda depende de al menos cuatro condiciones que deben cumplirse simultáneamente: que el suelo sea apto para la construcción, que el proyecto se diseñe conforme a las normas sismorresistentes vigentes, que la obra se ejecute fielmente según ese proyecto con los materiales adecuados, y que lo construido se use para el fin para el que fue proyectado. En Venezuela, un eslabón muy débil es la inspección: los municipios aprueban proyectos, pero no tienen capacidad para verificar si la construcción se ejecuta según las normas ni que los materiales cumplan las especificaciones. Sin esa verificación independiente, las aseguradoras no pueden certificar la resistencia sísmica de la estructura y rehúsan emitir cobertura. Una parte significativa del parque habitacional venezolano es, en la práctica, inasegurable.

Al problema técnico se suma uno financiero estructural. Según los indicadores de desarrollo mundial del Banco Mundial, el crédito bancario al sector privado en Venezuela representa menos del 2% del PIB, frente a un promedio del 55% en América Latina y el Caribe. En ese contexto de contracción severa del financiamiento privado, el crédito hipotecario es prácticamente inexistente, lo que desactiva un mecanismo que en mercados funcionales opera de forma casi automática: cuando un banco otorga una hipoteca, exige como condición un seguro que proteja el activo que garantiza el crédito. Sin hipoteca, ese incentivo desaparece, y la vivienda queda desprotegida por partida doble: sin financiamiento para su construcción o mejora, y sin cobertura para su pérdida.

La preparación financiera frente a los desastres naturales exige combinar mecanismos según la magnitud y frecuencia de las pérdidas. Para la liquidez inmediata se requieren reservas y fondos de contingencia. Para las pérdidas mayores, financiamiento contingente. Para los eventos extremos, seguros o instrumentos de mercado. Entre los instrumentos que se podrían considerar para Venezuela destacan los seguros paramétricos, que activan pagos automáticos al verificarse un parámetro físico predefinido, la magnitud registrada de un sismo, el nivel de precipitación acumulada, el caudal que determina el desbordamiento de ríos o el índice de humedad del suelo, sin necesidad de evaluar pérdidas individuales, poniendo recursos a disposición en cuestión de días. A diferencia de los seguros tradicionales de indemnización, que requieren la tasación individual de cada pérdida, los seguros paramétricos desvinculan el pago del daño efectivo: el disparador es el evento físico, no la pérdida verificada. La contrapartida es el riesgo de base: la posibilidad de que el parámetro se active sin que el asegurado haya sufrido pérdidas significativas, o que no se active pese a haberlas sufrido. Ese riesgo se gestiona mediante el diseño cuidadoso del disparador y la calibración del nivel de activación con datos históricos de pérdidas.

La región del Caribe lo ha comprobado a través del Caribbean Catastrophe Risk Insurance Facility (CCRIF), el

primer mecanismo mancomunado de seguro paramétrico multi-país del mundo, creado en 2007, que agrupa a gobiernos caribeños y centroamericanos para transferir colectivamente el riesgo de huracanes, terremotos y precipitaciones extremas a los mercados internacionales de reaseguro. La mancomunación permite reducir las primas individuales al distribuir el riesgo entre países con exposiciones distintas, y el mecanismo paramétrico garantiza desembolsos en un plazo máximo de catorce días hábiles tras el evento. Desde su creación, el CCRIF ha realizado 82 pagos a sus gobiernos miembros por un total cercano a 500 millones de dólares en cuestión de días inmediatamente posteriores al desastre. Venezuela, expuesta a riesgos sísmicos e hidrometeorológicos comparables, nunca participó en mecanismos de este tipo.

En América Latina, México y Colombia han construido las estrategias más avanzadas de protección financiera contra desastres en la región. México opera desde hace dos décadas un sistema de tres capas. La primera es un fondo de reservas fiscales para emergencias menores. La segunda es el reaseguro soberano para eventos de magnitud media. La tercera son los bonos catastróficos, que transfieren el riesgo extremo directamente a los mercados internacionales de seguros a cambio de una prima. En 2017, tras el terremoto de Chiapas, México activó su cobertura paramétrica y en días recibió 150 millones de dólares antes de que cualquier evaluación de daños estuviera completa. Un año después, el país lideró una emisión conjunta con Colombia, Chile y Perú por 1.360 millones de dólares, la primera operación de este tipo que agrupó a varios países latinoamericanos en una estructura regional de transferencia de riesgo. Colombia, por su parte, adoptó en 2013 una estrategia nacional de gestión financiera del riesgo de desastres que articuló tres instrumentos en una sola arquitectura: fondos de contingencia para liquidez inmediata, una línea de crédito contingente con el Banco Mundial activable tras la declaratoria de desastre, y coberturas de reaseguro para los activos públicos. La estrategia de ambos países se distingue por haber incorporado la modelación probabilística de riesgos como base técnica para dimensionar cada capa de protección y asignar los instrumentos según la frecuencia e intensidad esperada de los eventos.

En Venezuela no existe información probabilística pública comparable que permita caracterizar la exposición al riesgo ni estimar las pérdidas potenciales por tipo de amenaza. El riesgo sísmico, las inundaciones, las sequías y los derrumbes producen distribuciones de pérdidas distintas, y cada uno requiere instrumentos calibrados a su propia frecuencia e intensidad. Sin esa base técnica, no es posible determinar qué proporción del riesgo retener, qué transferir al mercado y qué cubrir mediante financiamiento contingente. La protección financiera no termina en el Estado ni en los mercados. En Venezuela, donde la cultura del seguro es prácticamente inexistente, la mayoría de las personas deja vivienda, bienes y fuentes de ingreso completamente expuestos. Ampliar esa cultura requiere que el seguro sea accesible en términos reales. Venezuela debería considerar la adopción del microseguro catastrófico: productos de prima baja, cobertura simple y proceso de reclamación ágil, adaptados a poblaciones con ingresos irregulares y escasa familiaridad con los servicios financieros. Según un estudio de

IDB Invest sobre el mercado de microseguros en América Latina y el Caribe, estos productos ya protegen a más de 75 millones de personas en la región y se han consolidado como el instrumento más eficaz para extender la resiliencia financiera a las poblaciones de menores ingresos. Colombia hoy asegura a más de 1,5 millones de personas mediante productos distribuidos por redes comunitarias y microfinancieras. Perú financia íntegramente con recursos públicos un seguro agrícola catastrófico que cubre dieciocho tipos de siniestros, incluyendo sismos, inundaciones y sequías, y que en mayo de 2019 desembolsó 60 millones de dólares tras el terremoto que afectó la región de Loreto. Bolivia ha desarrollado productos con primas de menos de dos dólares mensuales para sectores de bajos ingresos.

El trabajo concluye con una reflexión sobre la dimensión institucional de la protección financiera. Venezuela contaba desde 2009 con una Ley de Gestión Integral de Riesgos que preveía exactamente los mecanismos que hoy urgen, y que permaneció sin reglamentar ni implementar durante 17 años. Esa ausencia de institucionalidad ha incentivado a los agentes intermediarios de seguros a retener fondos destinados al pago de primas sin trasladarlos a las aseguradoras, dejando a los asegurados sin protección real cuando ocurre el siniestro. Sin supervisión efectiva de los fondos, ampliar la cobertura de seguros enfrenta un obstáculo que va más allá de la penetración del mercado: la ausencia de un marco institucional que garantice que las primas pagadas se conviertan efectivamente en protección. La brecha financiera y la brecha institucional son dos caras del mismo problema.

El Capítulo 14 del informe GEER, titulado **"Impactos humanos y económicos"** (Paul et al., 2026, Cap. 14), proporciona una síntesis transversal de los impactos humanos y económicos del evento del 24 de junio de 2026, articulando las estimaciones analíticas preliminares de PAGER, GEM, UNDRR y GRADE con los impactos reportados en el terreno durante el primer mes. El capítulo integra las estimaciones de impacto de distintas metodologías y las contrasta con la evidencia empírica de la respuesta humanitaria. Su aporte principal es la documentación sistemática de las estimaciones analíticas y de los impactos reportados, y la discusión de las diferencias entre los estudios, que se deben a 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. Su principal limitación es que las estimaciones analíticas son preliminares y están sujetas a revisión a medida que se disponga de información más completa; sin embargo, su contribución es valiosa porque proporciona la base cuantitativa para dimensionar el desastre y para evaluar la brecha de protección financiera documentada por Tineo (2026).

Las estimaciones analíticas preliminares de los impactos presentan un rango considerable de variación según la metodología y el momento de evaluación. El sistema PAGER (Prompt Assessment of Global Earthquakes for Response) del USGS emitió una alerta roja para ambos eventos, estimando pérdidas económicas de entre el 5% y el 20% del PIB para el evento de magnitud 7.5, y de entre el 0% y el 7% del PIB para

el evento de magnitud 7.2. La Fundación GEM (Global Earthquake Model), utilizando modelos de geometría de ruptura de ShakeMap y el Modelo de Riesgo Sísmico Global, estimó para el análisis del 6 de julio de 2026 (magnitud M7.6) 5,6 miles de muertes, 18,6 miles de heridos graves, 245 mil edificios irreparables, 927 mil personas sin hogar y 7,9 mil millones de dólares en pérdidas económicas. La UNDRR (Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres), con el apoyo de Ingeniar CAD/CAE y ERN, estimó los daños físicos directos en aproximadamente 37 mil millones de dólares, asociados a un período de retorno de unos 180 años. El Banco Mundial, utilizando la metodología GRADE (Global Rapid post-disaster Damage Estimation), estimó los daños físicos directos en 19.600 millones de dólares, y señaló que los costos de reconstrucción, incluyendo refuerzos estructurales, cambios en la tipología de edificios y gestión de escombros, pueden oscilar entre dos y dos veces y media el valor de reposición calculado. El capítulo precisa que las diferencias entre los estudios se deben a 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, y que el impacto económico total probablemente será mayor que el valor directo estimado.

Los impactos reportados en el primer mes reflejan la magnitud humana del desastre. Para el 2 de julio, se había informado del rescate de 6.462 personas. 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. Al 2 de julio, 21 hospitales reportaron 4.757 pacientes registrados en cuatro estados, y aproximadamente 13.000 personas habían sido dadas de alta de los centros de salud tras su recuperación. La población en refugios temporales alcanzó las 23.843 personas, con 12.500 en La Guaira, 8.835 en Caracas, 2.833 en Miranda y 675 en Aragua. Los informes de las organizaciones humanitarias documentaron que el impacto 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. 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.

El acceso a los servicios básicos y a los bienes esenciales se vio gravemente interrumpido en las zonas más afectadas. Las evaluaciones preliminares rápidas coordinadas por el Grupo de Salud pusieron de manifiesto que entre el 70% y el 90% de los edificios en La Guaira resultaron dañados o colapsaron, y que el 100% de las instalaciones de salud en el área evaluada se vieron afectadas. Las condiciones de agua, saneamiento e higiene se deterioraron rápidamente, y el acceso a los alimentos fue también una preocupación fundamental durante el primer mes. El Programa Mundial de Alimentos informó que, a finales de julio, había llegado a más de 100.000 personas con asistencia alimentaria en las zonas afectadas, a través de comidas calientes en refugios y comedores comunitarios, raciones listas para

consumir y canastas de alimentos secos. 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 y superando el millón de comidas a mediados de julio.

El trabajo aporta la base cuantitativa para dimensionar el desastre y para evaluar la brecha de protección financiera documentada por Tineo (2026). Las estimaciones analíticas, aunque preliminares y sujetas a revisión, coinciden en señalar la magnitud excepcional del evento: un rango de pérdidas económicas directas que oscila entre 6 mil millones y 37 mil millones de dólares según la metodología, y un número de víctimas mortales que, según las estimaciones de GEM, podría haber alcanzado las 5.600 personas. La documentación de los impactos reportados en el primer mes, las cifras de rescates, heridos, desplazados y personas en refugios temporales, confirma la gravedad del desastre y la magnitud de las necesidades humanitarias. La articulación de estas estimaciones con los hallazgos de Tineo (2026) sobre la ausencia de protección financiera previa permite comprender por qué el costo del desastre recayó de manera desproporcionada sobre las finanzas públicas y sobre las personas afectadas, y por qué la reconstrucción requiere una arquitectura financiera que proteja tanto la integridad fiscal del Estado como la capacidad de recuperación de los hogares.

El capítulo concluye con una reflexión sobre la importancia de la coordinación local entre las sociedades profesionales, el mundo académico, la industria y las entidades gubernamentales, y sobre el rol esencial que desempeñaron en el apoyo a las vías para el descubrimiento científico. Los equipos de GEER se apoyaron en estos socios locales, que permitieron documentar los impactos de estos intercambios en medio de tiempos difíciles para el país. Esta colaboración entre la comunidad científica internacional y los actores locales constituye un modelo de respuesta que articula la investigación técnica con la respuesta humanitaria, y que debería ser considerado en la planificación de futuros eventos.

7. DISCUSIÓN

La Discusión articula los hallazgos de los cinco ejes temáticos en torno a cuatro bloques: la caracterización del evento y la fuente sísmica (7.1 a 7.3); la respuesta estructural y geotécnica (7.4 a 7.6); la infraestructura, los servicios y la gestión del riesgo (7.7 y 7.8); y la dimensión social, cultural y económica (7.9 a 7.13). Cada apartado desarrolla un argumento temático, usa las referencias como evidencia y cierra con una proyección técnica o una pregunta abierta.

Caracterización del evento y la fuente sísmica

7.1. La naturaleza de la ruptura y la falla de Bruscas

La secuencia sísmica del 24 de junio de 2026 ha generado un debate terminológico que refleja la complejidad del evento. El término "doblete sísmico" ha sido cuestionado por su vaguedad, y se ha propuesto en su lugar el concepto de "sismo multifocal" o "secuencia multi-eventual": una nucleación en el sismo de Mw 7,2 que inicia la ruptura y se propaga hacia el este

hasta encontrar una región del mismo plano de falla cargada de energía elástica, que entonces libera el grueso del momento sísmico en el sismo de Mw 7,5 (Audemard, 2026). Otros trabajos emplean el término "doblete sísmico" para referirse al mismo evento (García, 2026; Genatios y Lafuente, 2026; Lafuente, 2026; Pinto, 2026; Varela et al., 2026, Cap. 8). La diferencia terminológica no afecta la caracterización física del evento, que es consistente en todos los trabajos: dos eventos principales separados por aproximadamente 30 a 40 segundos, el primero de Mw 7,2 con epicentro en Yaracuy, asociado al sistema de fallas de Boconó, y el segundo de Mw 7,5 con epicentro en el mar Caribe, frente a la costa de La Guaira, asociado al sistema de fallas de San Sebastián y a la falla de Bruscas.

La falla de Bruscas emerge como una estructura principal en la caracterización del evento. Su identificación como falla asociada al segundo evento se sustenta en su expresión superficial en los depósitos plio-cuaternarios del grupo Cabo Blanco, en su cinemática dextral y orientación aproximada E-O, y en la evidencia de ruptura superficial documentada en el aeropuerto de Maiquetía (Audemard, 2026; García, 2026; Carrillo, 2026, Cap. 3; Carrillo, 2026, Cap. 4; Varela et al., 2026, Cap. 8). Estas evidencias, procedentes de la geología estructural, la morfobatimetría, la percepción remota y la geodesia, convergen en la identificación de la falla de Bruscas como la estructura asociada al segundo evento, lo que plantea la necesidad de incorporarla en los mapas de amenaza sísmica y en la normativa sismorresistente.

La severidad del evento no se explica únicamente por su magnitud. La posibilidad de un régimen super-shear y de una superposición de ondas ha sido planteada como un factor que pudo amplificar la destructividad del movimiento (Echezuría, 2026). La hipótesis es plausible a la luz de la caracterización de la fuente: la secuencia consistió en dos eventos principales separados por 39-40 segundos, con el primero nucleando en la falla de Boconó y propagándose hacia el este a velocidades de 3,0-3,1 km/s, y el segundo liberando el grueso del momento sísmico en la falla de San Sebastián (Audemard, 2026). 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, y con una larga duración efectiva del doblete: el segundo evento llega 30 segundos después del primero, antes de que el primero se haya desvanecido (Varela et al., 2026, Cap. 8). La caracterización de la directividad, los pulsos de velocidad y la carga secuencial refuerza la necesidad de incorporar estos criterios en la revisión de la Norma COVENIN 1756-1:2019. Así lo plantean Genatios y Lafuente (2026). La convergencia de evidencias independientes respalda esta interpretación de régimen super-shear y superposición de ondas, aunque se requiere confirmación instrumental para establecerla con certeza.

Proyección: La identificación de la falla de Bruscas como estructura asociada al segundo evento y la plausibilidad de un régimen super-shear plantean la necesidad de revisar los mapas de amenaza sísmica y la normativa sismorresistente. La revisión debe incorporar la falla de Bruscas en la cartografía de fallas

activas y considerar los escenarios de ruptura supersónica y los pulsos de alta velocidad en el diseño de estructuras críticas.

7.2. La recurrencia secular y la memoria sísmica

La recurrencia secular de los grandes terremotos en Venezuela norcentral no es solo un dato tectónico; es también una construcción social que condiciona la forma en que las comunidades perciben y enfrentan la amenaza. Como se documentó en el apartado 2.2, la coincidencia entre las intensidades máximas registradas en 2026 y las estimadas para los terremotos de 1812 y 1900 confirma que la región está sujeta a eventos de magnitud elevada con recurrencia secular. Esa recurrencia tiene también una dimensión cultural que condiciona la forma en que las comunidades perciben y enfrentan la amenaza. La recurrencia no es solo sísmica: los aludes torrenciales en La Guaira han ocurrido en 1999, 2005, 2010, 2011 y 2022, y la combinación de ambas recurrencias, sísmica e hidrometeorológica, configura un escenario de riesgo compuesto que debe ser considerado en la planificación de la reconstrucción y en la educación de la población.

Esa convivencia con la recurrencia ha generado un imaginario sísmico que incluye devociones antisísmicas, procesiones, rogativas y otras prácticas religiosas (Rodríguez et al., 2026). Estas representaciones sociales no son un fenómeno anecdótico o supersticioso; constituyen un componente esencial de la percepción del riesgo y condicionan la forma en que las comunidades responden a la amenaza. La recurrencia secular tiene, por tanto, una doble dimensión. Por un lado, es un hecho físico que exige respuestas técnicas: la reconstrucción de la red sismológica nacional, la actualización de la normativa sismorresistente, la microzonificación de las áreas expuestas y la evaluación de las obras de mitigación. Por otro lado, es un hecho cultural que exige respuestas sociales: la educación sísmica, la preparación ciudadana y la comunicación del riesgo culturalmente pertinente. Estas dos dimensiones no son independientes; se condicionan mutuamente. Una comunidad que desconoce su historia sísmica y que no ha interiorizado protocolos de actuación está más expuesta, incluso si habita edificaciones resistentes. Una comunidad que ha perdido la memoria de los eventos pasados, o que los interpreta como castigos divinos inevitables, difícilmente adoptará medidas preventivas.

La trayectoria de La Guaira desde 1999 hasta 2026 ilustra esta doble dimensión. La región no solo está sujeta a la recurrencia de los grandes terremotos y a la recurrencia de los aludes torrenciales; también está sujeta a la recurrencia de las crisis institucionales que impiden traducir el conocimiento técnico en medidas preventivas (Genatios, 2026). La pérdida de la red sismológica, el abandono de los planes de ordenamiento territorial y la falta de mantenimiento de las obras de mitigación son manifestaciones de una amnesia institucional que agrava el riesgo. La respuesta operativa durante el evento de 2026 añadió una dimensión crítica a este balance. El colapso de las redes de telecomunicaciones generó una ceguera espacial en las primeras 72 horas. La producción de cartografía táctica impresa y la preservación activa de datos geoespaciales fueron necesarias para sostener las operaciones de búsqueda y rescate (González et al., 2026). La memoria del riesgo no se limita a

recordar los eventos pasados; requiere mantener las instituciones, los datos, los planes y las obras que permiten reducir la vulnerabilidad.

Proyección: La recurrencia secular impone una doble exigencia: preservar la memoria de los eventos y mantener las capacidades institucionales para responder a ellos. La primera es una tarea cultural y educativa; la segunda, una tarea técnica y política. Ambas son inseparables, y ambas son indispensables para que la reconstrucción de La Guaira y del litoral central no reproduzca las vulnerabilidades que ya se conocían antes de 2026.

7.3. La geología local y los efectos de sitio

La geología del aeropuerto de Maiquetía y de otros sectores de La Guaira se caracteriza desde enfoques complementarios. García (2026) describe la geología del aeropuerto de Maiquetía, incluyendo la terraza sobre la que se emplaza la pista, compuesta por depósitos coluviales de origen terrígeno con un espesor aproximado de 20 metros, y la falla de Bruscas, que se extiende desde Catia La Mar hasta Mare. Carrillo (2026, Cap. 4) describe con detalle la secuencia sedimentaria del Grupo Cabo Blanco, Formación Las Pailas, Formación Playa Grande, Formación Mare, Formación Abisinia, y la geología estructural del área de Maiquetía-Playa Grande, incluyendo el monoclinal costero y la falla de Bruscas. Además, describe la geología del valle de Caracas, incluyendo los depósitos cuaternarios de relleno de cuenca y los procesos de flujos de detritos. Audemard (2026) describe la expresión superficial de la falla de Bruscas en los depósitos plio-cuaternarios del Grupo Cabo Blanco. Varela (2026, Cap. 7) cartografía las deformaciones del terreno en el aeropuerto de Maiquetía y en otros sectores de La Guaira. Varela et al. (2026, Cap. 8) documentan las fracturas en la pista del aeropuerto y en la calzada al oeste de la pista, que discurren paralelas a la falla de Bruscas.

La respuesta de sitio y la microzonificación explican la heterogeneidad de los daños observados. Los efectos de sitio son las modificaciones del movimiento sísmico producidas por las condiciones locales del terreno, como el espesor y la rigidez de los sedimentos, la geometría de la cuenca y la topografía. Schmitz (2026) documenta los estudios de microzonificación sísmica realizados en Venezuela, incluyendo Caracas, Barquisimeto, Valencia, Maracay, Barcelona, Mérida, Cumaná, La Guaira, Guarenas-Guatire y otras ciudades. En el caso de La Guaira, los estudios geofísicos realizados posteriormente a los deslaves de 1999 han permitido caracterizar los conos aluviales de Macuto, Caraballeda y Tanaguarena, con espesores de sedimentos de hasta 450 m y períodos fundamentales de 0,9 a 1,8 s. Schmitz et al. (2026) documentan los estudios de microzonificación de Caracas y La Guaira, incluyendo los espesores de sedimentos, hasta 300 m en Los Palos Grandes, y los períodos fundamentales, 1-1,6 s en las zonas más profundas. Barba et al. (2026, Cap. 6) documentan las condiciones sísmicas del sitio en Caracas, La Guaira, Valencia y Maracay, y analizan los efectos de cuenca y la licuación. Pinto (2026) documenta la correspondencia espacial entre la respuesta de la cuenca, los períodos predominantes y el daño en edificios de diferentes alturas en Caracas, y analiza la influencia del comportamiento del suelo en la respuesta

estructural en Catia La Mar y Caraballeda. Lafuente (2026) documenta los efectos de sitio en las cuencas sedimentarias profundas y en las topografías elevadas. Genatios y Lafuente (2026) analizan la combinación particular de La Guaira, donde la franja entre la montaña y el mar está construida sobre conos aluviales y depósitos costeros de gran espesor. Los efectos de sitio fueron determinantes en la distribución de los daños, lo que refuerza la necesidad de completar la microzonificación de La Guaira y de incorporar los efectos de sitio en la evaluación de la amenaza y en el diseño sismorresistente.

Proyección: La combinación de la geología local, los efectos de sitio y la respuesta de la cuenca explica la heterogeneidad de los daños. La microzonificación sísmica es la herramienta que permite caracterizar esa heterogeneidad y traducirla en ordenanzas, mapas y criterios de diseño. Sin microzonificación, la reconstrucción corre el riesgo de reproducir los patrones de daño observados.

Respuesta estructural y geotécnica

7.4. Los mecanismos de daño y la calidad de la construcción

Los mecanismos de daño en edificaciones observados durante el evento del 24 de junio de 2026 fueron recurrentes. Lafuente (2026) analiza los mecanismos de daño observados en Caracas y La Guaira: piso blando, columna corta, fallas de confinamiento y solape, corrosión, mampostería sin confinamiento, cubiertas pesadas con conexiones deficientes, daños en tabiquería, fallas de tanques y alteraciones de sistemas ligeros. Urich (2026) analiza en detalle la incompatibilidad entre los pórticos de concreto armado y las paredes de relleno de mampostería, y documenta los patrones de daño observados. Fargier-Gabaldón et al. (2026, Cap. 11) documentan los daños en edificios residenciales y comerciales, instalaciones esenciales y muros. Bonilla (2026) documenta los errores de ejecución y control de calidad que contribuyeron a los colapsos. Rebonatto (2026) analiza los colapsos del Hotel Macuto Sheraton (1967) y de los edificios de Caracas y La Guaira (2026) bajo la normativa NCh433. La evaluación masiva de daños realizada por el Comité Técnico Asesor del Terremoto (López et al., 2026) confirma la recurrencia de estos mecanismos: de 63.070 edificaciones inspeccionadas, 18% recibieron Etiqueta Roja y 24% Etiqueta Amarilla, con 1.529 colapsos totales o parciales, de los cuales 1.159 corresponden al estado La Guaira.

Los colapsos observados no se explican únicamente por la demanda sísmica: la forma en que se ejecutó la construcción y la manera en que se verificó su cumplimiento condicionaron de manera decisiva el desempeño de las edificaciones. Bonilla (2026) muestra que, en las edificaciones construidas antes de los años 80, de manera general se cumplen las prescripciones normativas verificables, mientras que, a partir de 1980, se detectan deficiencias significativas: el 93% de los edificios evaluados no cumplió con los cierres a 135° en las ligaduras de columnas, el 93% no cumplió con la presencia de ligaduras en nodo, y el 95% presentó exceso de barras en los empalmes de vigas y columnas. Lafuente (2026) documenta la ausencia de registros sísmicos locales y el deterioro de la red sísmológica nacional, así como las debilidades institucionales en la gestión

del riesgo. Rebonatto (2026) propone la incorporación de la figura del Revisor Independiente de Cálculo Estructural y la transformación de las etiquetas de daño en un disparador legal vinculante que obligue a la reingeniería y reforzamiento. La investigación forense de los colapsos de edificaciones modernas aporta una dimensión específica a la reflexión sobre la calidad de la construcción: la documentación de que en el Urbanismo Hugo Chávez colapsó o sufrió daños severos aproximadamente el 80% de los 196 edificios, y de que en los nueve urbanismos OPPPE de La Guaira colapsaron 16 de las 43 torres y las 27 restantes quedaron inhabitables (Genatios, 2026), exige investigar si las causas están en el diseño, en la ejecución o en la supervisión.

Proyección: La recurrencia de los mecanismos de daño y la persistencia de las deficiencias de calidad plantean la necesidad de revisar los criterios de diseño, ejecución y supervisión. La normativa debe ir acompañada de mecanismos de verificación, inspección y control de calidad que garanticen su cumplimiento efectivo. La seguridad estructural no depende solo del diseño; depende de la ejecución y de la supervisión.

7.5. La normativa sismorresistente y la instrumentación sísmica

La normativa sismorresistente requiere una revisión integral. Genatios y Lafuente (2026) formulan una agenda de revisión de la Norma COVENIN 1756-1:2019 que incorpora explícitamente los criterios de campo cercano, directividad, pulsos de velocidad, desplazamiento tectónico permanente y carga secuencial. Rebonatto (2026) propone la adopción del modelo normativo chileno (NCh433, NCh430, NCh203, NCh204 y DS 61) y la incorporación de la figura del Revisor Independiente. Bonilla (2026) propone exigir que los empalmes por solape de las barras de una misma columna no sean realizados en el mismo entrepiso, revisar el factor R de reducción para estructuras aporticadas en zonas con alta sismicidad, y contemplar mayores rigideces en columnas de planta baja. Schmitz (2026) documenta los avances de la microzonificación sísmica y su implementación en ordenanzas municipales. La normativa sismorresistente debe ser revisada para incorporar los criterios de campo cercano, directividad y carga secuencial, así como para fortalecer el control de calidad.

El desempeño de las edificaciones modernas durante el terremoto de 2026 plantea una reflexión específica sobre la normativa sismorresistente. El hecho de que edificaciones construidas después de 2011 bajo las normas de 2001 hayan colapsado de forma generalizada en el Urbanismo Hugo Chávez y en los urbanismos OPPPE sugiere que el cumplimiento formal de la norma no garantiza por sí solo la seguridad estructural. La norma COVENIN 1756:2001 reconocía expresamente la importancia de las condiciones del suelo en la determinación de la acción sísmica y establecía diferentes espectros de diseño en función de las características geotécnicas del emplazamiento. Sin embargo, si los estudios geotécnicos no se efectuaron sobre la totalidad del terreno, si la clasificación del suelo no correspondía con las condiciones reales, si las fundaciones no fueron diseñadas para la respuesta dinámica del subsuelo, o si la inspección de la construcción fue deficiente, la afirmación de que "el proyecto cumplía la norma"

resulta insuficiente. La propuesta de Norma Sismorresistente de Emergencia elaborada por el Comité Técnico Asesor del Terremoto (López et al., 2026) constituye la respuesta normativa más concreta generada por el evento: amplifica el espectro de respuesta por un factor de campo cercano, establece limitaciones para la construcción en zonas próximas a la falla de San Sebastián, aumenta las fuerzas de diseño de pórticos con paredes de relleno frágiles y exige anclajes pared-estructura.

La instrumentación sísmica y la ausencia de registros constituyen una limitación crítica para la caracterización del evento y para la gestión del riesgo. Lafuente (2026) documenta que, aunque hacia el año 2000 Venezuela llegó a operar entre 250 y 300 estaciones sismológicas, el deterioro progresivo iniciado en 2009 condujo a un colapso casi total de la infraestructura, y que no se dispone de registros acelerográficos instrumentales del evento obtenidos dentro del territorio venezolano. Genatios y Lafuente (2026) señalan que ninguna reforma normativa será suficiente si el país no puede medir el próximo terremoto, y proponen reconstruir una red nacional de acelerógrafos con redundancia, telemetría y publicación abierta de datos. Schmitz (2026) documenta la importancia de la instrumentación sísmica para la microzonificación y la evaluación de la respuesta de sitio. Pinto (2026) señala que la ausencia de registros acelerográficos locales limita la capacidad de aprendizaje y refuerza la necesidad de reconstruir una red sismológica nacional. Nie (2026, Cap. 5) y Barba et al. (2026, Cap. 6) documentan la limitada disponibilidad de registros cercanos a la fuente.

Proyección: La normativa y la instrumentación son dos caras de la misma moneda. Sin medición no hay aprendizaje; sin normativa actualizada no hay protección. La reconstrucción de la red sismológica nacional debe concebirse no solo como una herramienta de caracterización del evento, sino como un componente esencial de la continuidad funcional de los servicios esenciales y de la verificación del cumplimiento normativo.

7.6. La licuación, la interacción suelo-estructura y la respuesta de sitio

La licuación y la deformación permanente del terreno son fenómenos geotécnicos que afectaron a las edificaciones y la infraestructura en las zonas costeras bajas y en los abanicos aluviales. Pinto (2026) documenta la licuación en las franjas costeras de Catia La Mar y el desplazamiento lateral en el sector distal del abanico de Caraballeda. Barba et al. (2026, Cap. 6) analizan los efectos de la licuación en el movimiento del suelo y documentan que la generación de una presión de poros positiva en exceso degrada la rigidez del suelo. Varela (2026, Cap. 7) cartografía los elementos de licuación, volcanes de arena, grietas del terreno, asentamientos, a lo largo de los conos de abanico, las crestas de playa, los rellenos costeros y los depósitos de desembocaduras de ríos. Varela et al. (2026, Cap. 8) documentan evidencias de licuación y desplazamiento lateral en Caraballeda y en el aeropuerto de Maiquetía. López (2026) evalúa el estado físico y funcional de las obras de mitigación de riesgos construidas tras el deslave de 1999 y documenta el grado de sedimentación o colmatación de las presas.

La interacción suelo-cimentación-estructura articula los hallazgos sobre la respuesta diferenciada de las edificaciones. Como se documentó en el apartado 3.3, la respuesta diferenciada del antiguo Hotel Sheraton sugiere que el sistema de fundación condicionó la transferencia de las deformaciones del terreno, y que la integridad resistente de la cimentación no equivale a su estabilidad cinemática. Fargier-Gabaldón et al. (2026, Cap. 11) documentan el caso de estudio de Playa Grande, Catia La Mar, donde edificios similares muy próximos entre sí mostraron daños marcadamente diferentes, y sugieren que la interacción entre estructuras vecinas transmitida a través del suelo podría ser un factor contribuyente. Varela et al. (2026, Cap. 8) documentan los desplazamientos cosísmicos que impulsieron movimientos a las cimentaciones.

Proyección: La licuación y la interacción suelo-cimentación-estructura fueron factores determinantes en la respuesta diferenciada de las edificaciones. La evaluación geotécnica y la caracterización del subsuelo deben incorporarse en la planificación de la reconstrucción y en la actualización de la normativa. La integridad resistente de la cimentación no equivale a estabilidad cinemática: una cimentación sin daño material visible puede asentarse, rotar o trasladarse con el terreno e imponer deformaciones incompatibles con la superestructura.

Infraestructura, servicios y gestión del riesgo

7.7. La resiliencia de la infraestructura y la interdependencia de las líneas de vida

La heterogeneidad de desempeños de la infraestructura vital durante el doblete de 2026 ofrece un caso de estudio para identificar los factores que contribuyen a la resiliencia. La Autopista Caracas-La Guaira resistió sin daños importantes, mientras que la Carretera Panamericana colapsó por derrumbes; el Ferrocarril del Tuy y el Metro de Los Teques no sufrieron afectaciones y sirvieron como contingencia; el Aeropuerto La Carlota no sufrió daños; el Aeropuerto de Maiquetía suspendió operaciones y el Puerto de La Guaira vio interrumpidas sus cadenas logísticas; las presas de suministro de agua y las presas de control de sedimentos no mostraron daños estructurales significativos atribuibles al terremoto. Esta heterogeneidad sugiere que la resiliencia de la infraestructura no depende únicamente de la intensidad del movimiento sísmico, sino de factores como la ubicación respecto a las fallas activas, la redundancia de rutas y sistemas, la sectorización de las redes, la existencia de planes de contingencia y la capacidad de respuesta institucional.

La resistencia de las presas es un caso particularmente ilustrativo de esta heterogeneidad. A diferencia de los puentes, aeropuertos, puertos y redes de servicios, las presas de suministro de agua y las presas de control de sedimentos no mostraron daños estructurales significativos atribuibles al terremoto. Las causas de esta resiliencia no están documentadas en las fuentes, y su identificación requeriría estudios específicos sobre la respuesta dinámica de las presas y las condiciones de sitio en que se encuentran. Sin embargo, la inspección de las presas de control de sedimentos de La Guaira reveló que la capacidad operativa de muchas de estas

estructuras está comprometida por condiciones preexistentes (sedimentación avanzada, invasión antropogénica de los corredores de torrentes, erosión de las fundaciones e inestabilidad de taludes en las zonas altas de las cuencas) que, aunque no fueron causadas por el terremoto, representan un riesgo latente para la función protectora de las presas y para la seguridad de las comunidades aguas abajo.

La interdependencia sistémica de las líneas de vida se manifiesta con particular claridad en el acoplamiento bidireccional entre el sistema eléctrico de potencia y las redes celulares de telecomunicaciones. Cuando un sismo mayor o un alud torrencial derriba las líneas de transmisión eléctrica de alta y media tensión, las radiobases celulares conmutan de forma automática a sus fuentes de energía de respaldo; en aquellas instalaciones no provistas de sistemas avanzados de microgeneración, los bancos de baterías tradicionales agotan su carga produciendo la desconexión simultánea de extensas zonas de cobertura. A partir de ese instante se activa el ciclo de falla inversa: sin red móvil operativa, los centros de despacho de las empresas eléctricas quedan ciegos ante la pérdida de telemetría de sus subestaciones y pierden la comunicación con sus cuadrillas de reparación en campo. La imposibilidad de coordinar la logística de transporte de combustible y priorizar los trabajos en circuitos averiados retrasa la restitución del servicio eléctrico generalizado, lo que a su vez profundiza y prolonga el apagón del sistema celular. Este bucle destructivo en cascada ilustra la naturaleza sistémica de la vulnerabilidad de las líneas de vida y la necesidad de abordar su resiliencia de manera integrada (De Viana, 2026).

Proyección: La heterogeneidad del desempeño de la infraestructura y la interdependencia de los sistemas plantean la necesidad de abordar la resiliencia de manera integrada. La redundancia, la sectorización y los planes de contingencia son medidas que reducen la vulnerabilidad sistémica. La reconstrucción debe incorporar estos criterios en el diseño y la planificación de las líneas de vida.

7.8. La gestión del riesgo y la reconstrucción

La gestión del riesgo en Venezuela se ha caracterizado por una brecha persistente entre el conocimiento técnico disponible y las decisiones de inversión pública. Las vulnerabilidades identificadas en estudios previos se materializaron con notable precisión durante el evento de 2026, lo que evidencia que el problema no es la falta de diagnóstico, sino la ausencia de mecanismos institucionales que traduzcan ese diagnóstico en medidas preventivas. La microzonificación sísmica, aunque desarrollada en varias ciudades del país, no se ha convertido en ordenanzas vinculantes en todos los casos (Schmitz, 2026). La normativa sismorresistente, aunque ha evolucionado desde 1939, no ha incorporado plenamente los criterios de campo cercano, directividad y carga secuencial (Genatios y Lafuente, 2026). La evaluación de las obras de mitigación construidas tras los deslaves de 1999 revela que muchas han perdido su capacidad protectora por falta de mantenimiento sistemático (López, 2026). La calidad de la construcción, especialmente a partir de 1980, presenta deficiencias significativas que no fueron

detectadas ni corregidas por los mecanismos de supervisión existentes (Bonilla, 2026).

La respuesta institucional, en suma, ha sido reactiva: se interviene después del desastre, no antes. La propuesta de un Plan de Gestión Local de Riesgos, con sus cinco componentes, apunta a corregir esa lógica (Estévez, 2026), pero su implementación requiere voluntad política, capacidad técnica y continuidad institucional. La dimensión humana de la recuperación añade un componente que no puede reducirse a la reposición de infraestructura: el estado psíquico, orgánico y relacional de los habitantes, así como el capital conductual de la población civil y la fuerza laboral, condicionan la viabilidad de cualquier plan de reconstrucción (Caraballo, 2026). La experiencia de la respuesta cartográfica de emergencia durante el evento de 2026 demostró que la gestión de la información geoespacial y la preservación activa de datos son funciones críticas de la respuesta humanitaria (González et al., 2026). La respuesta institucional organizada a través de la Comisión Presidencial para la Evaluación de Habitabilidad de Infraestructuras y su Comité Técnico Asesor (López et al., 2026) demostró que el país cuenta con la capacidad técnica para organizar una evaluación masiva de daños, desarrollar lineamientos técnicos y proponer una norma de emergencia.

Proyección: La gestión del riesgo requiere una estrategia integral que articule la microzonificación, la revisión normativa, la instrumentación sísmica, la evaluación de las obras de mitigación y la planificación local. La correspondencia entre las vulnerabilidades identificadas en 2017 y los daños causados en 2026 demuestra que el conocimiento técnico existía, pero no se tradujo en medidas preventivas. La reconstrucción de La Guaira y del litoral central ofrece una oportunidad para cerrar esa brecha, pero solo si la planificación incorpora explícitamente la resiliencia como criterio de diseño.

Dimensión social, cultural y económica

7.9. La dimensión cultural y patrimonial del riesgo

La recurrencia secular de los grandes terremotos explica por qué las devociones antisísmicas se han mantenido vigentes a lo largo de los siglos: cada generación ha experimentado la amenaza y ha buscado en el imaginario religioso una forma de interpretarla y enfrentarla (Rodríguez et al., 2026). La vulnerabilidad del patrimonio religioso es una manifestación específica de los mecanismos de daño documentados en este ensayo: la mampostería no reforzada, la ausencia de diafragma rígido y la incompatibilidad de refuerzos históricos son los mismos mecanismos que afectaron a las edificaciones residenciales y comerciales, pero en el patrimonio religioso se ven agravados por la falta de mantenimiento y por la complejidad de las intervenciones de conservación (Balza y Montecalvo, 2026). La conservación del patrimonio construido es, además, un componente de la gestión integral del riesgo: no basta con reconstruir las viviendas y las infraestructuras, también se deben preservar los edificios que constituyen la memoria histórica y la identidad cultural de las comunidades afectadas.

Proyección: La reducción del riesgo sísmico no puede ser solo técnica. Requiere también comprender y dialogar con las

representaciones sociales que condicionan la percepción del riesgo, y preservar el patrimonio construido como parte de la memoria colectiva que da sentido a la reconstrucción.

7.10. La educación y la preparación ciudadana

La ausencia de registros instrumentales del evento de 2026 no solo limita la caracterización física del fenómeno, sino también la capacidad de aprendizaje de la población: sin datos accesibles y comprensibles, la memoria sísmica se debilita (Mariño, 2026). La vulnerabilidad de la infraestructura escolar es una manifestación de los mismos mecanismos de daño documentados en este ensayo, y su refuerzo es una tarea pendiente que no puede postergarse. La educación sísmica es, además, un componente de la gestión integral del riesgo: la capacitación de la población es tan importante como la construcción de obras de mitigación o la actualización de la normativa. La reducción del riesgo sísmico no es solo una cuestión de ingeniería y normativa, sino también de educación y cultura.

Proyección: La educación sísmica no es un complemento de la ingeniería; es una condición de su efectividad. Sin una ciudadanía preparada, incluso las mejores soluciones técnicas quedan incompletas.

7.11. La gobernanza y la organización social

La brecha persistente entre el conocimiento técnico disponible y las decisiones de inversión pública es una manifestación de la vulnerabilidad institucional que subyace a la construcción social del riesgo (Oviedo, 2026). La trayectoria de La Guaira desde 1999 hasta 2026 evidencia que la ausencia de continuidad institucional es tan determinante como la magnitud de la amenaza: las obras de mitigación construidas tras el deslave de 1999 perdieron su capacidad protectora por falta de mantenimiento, y los planes de ordenamiento territorial fueron abandonados (Genatios, 2026). La gobernanza del riesgo exige, por tanto, no solo diseñar buenas políticas, sino garantizar su implementación, su financiamiento y su continuidad en el tiempo. La reducción de la vulnerabilidad es, en última instancia, una cuestión de justicia social y de voluntad política para redistribuir el poder sobre el territorio afectado.

Proyección: La gestión del riesgo no puede seguir siendo un conjunto de medidas aisladas; requiere una estrategia integral que articule el conocimiento técnico, la capacidad institucional y la participación social.

7.12. La dimensión económica y la protección financiera

La magnitud de los daños confirma que el evento superó la capacidad de respuesta del Estado y que la ausencia de protección financiera previa agravó el impacto (Tíneo, 2026). La vulnerabilidad de las viviendas populares evidencia que las poblaciones de menores ingresos son las más afectadas y las que tienen menos capacidad de recuperación, lo que refuerza la necesidad de instrumentos de microseguro catastrófico. La protección financiera es, además, un componente de la gestión integral del riesgo: no basta con reconstruir; se debe garantizar que el próximo evento no encuentre al país sin recursos para responder. La prevención es más rentable que la

reconstrucción, y la protección financiera es una condición de la resiliencia.

Proyección: La protección financiera es una condición de la resiliencia. La adopción de seguros paramétricos, fondos de contingencia, bonos catastróficos y microseguros permitiría proteger tanto la integridad fiscal del Estado como la capacidad de recuperación de las personas y propietarios afectados.

7.13. La dimensión humana de la recuperación

La pérdida de vivienda, la interrupción de los servicios esenciales y la destrucción de medios de vida generan un impacto psicológico que trasciende la pérdida material y que condiciona la capacidad de recuperación de las personas afectadas (Caraballo, 2026). La ausencia de registros instrumentales y la limitada disponibilidad de información sobre el evento no solo limitan la caracterización física del fenómeno, sino también la capacidad de la población de comprender lo ocurrido y de elaborar la experiencia. La dimensión humana de la recuperación es, además, un componente de la gestión integral del riesgo: no basta con reconstruir las edificaciones, se deben también reconstruir las condiciones sociales y psicológicas que permiten a las comunidades habitar el territorio de manera segura y sostenible.

Proyección: La recuperación de un territorio afectado por un desastre sísmico no puede medirse únicamente por la reposición de los activos físicos. Requiere también atender la dimensión humana de la recuperación: el estado psíquico, orgánico y relacional de los habitantes, y el capital conductual de la población civil y la fuerza laboral. Sin esa dimensión, la reconstrucción será incompleta y las vulnerabilidades que causaron el desastre tenderán a reproducirse.

8. CONCLUSIONES

Las conclusiones sintetizan los hallazgos principales del ensayo, jerarquizándolos y derivándolos estrictamente de los hechos documentados. Se organizan en cinco apartados: la caracterización del evento (8.1); la respuesta estructural y geotécnica (8.2); la infraestructura, los servicios y la gestión del riesgo (8.3); la dimensión social, educativa, cultural y económica (8.4); y las lecciones aprendidas (8.5), que incluyen siete lecciones específicas del evento y del contexto venezolano.

8.1. Sobre la caracterización del evento

La secuencia sísmica del 24 de junio de 2026 consistió en dos eventos principales separados por aproximadamente 30 a 40 segundos, con una ruptura que se propagó de oeste a este a lo largo de un tramo de aproximadamente 200 a 250 km del límite de placas Caribe-Sudamérica. La naturaleza multifocal del evento condicionó la respuesta estructural y la gestión del riesgo.

La falla de Bruscas emerge como una estructura clave en la caracterización del evento. Su identificación como falla asociada al segundo evento, sustentada en evidencia geológica, morfobatimétrica, de percepción remota y geodésica, plantea

la necesidad de incorporarla en los mapas de amenaza sísmica y en la normativa sismorresistente.

La recurrencia secular de los grandes terremotos en Venezuela norcentral está documentada por la coincidencia entre las intensidades máximas registradas en 2026 y las estimadas para los terremotos de 1812 y 1900. La geometría de los sismos de 2026 es esencialmente la misma que la de 1812, lo que sugiere un patrón tectónico bien establecido y una recurrencia de escala secular para eventos destructivos de magnitud equivalente. La recurrencia no es solo sísmica: los aludes torrenciales en La Guaira han ocurrido en 1999, 2005, 2010, 2011 y 2022, y la combinación de ambas recurrencias configura un escenario de riesgo compuesto.

La severidad del evento no se explica únicamente por su magnitud. La posibilidad de un régimen super-shear y de una superposición de ondas ha sido planteada como un factor que pudo amplificar la destructividad del movimiento. La caracterización de la directividad, los pulsos de velocidad y la carga secuencial refuerza la necesidad de incorporar estos criterios en la revisión de la normativa sismorresistente.

8.2. Sobre la respuesta estructural y geotécnica

Los mecanismos de daño observados durante el evento: piso blando, columna corta, fallas de confinamiento y solape, corrosión, mampostería sin confinamiento y cubiertas pesadas con conexiones deficientes, no fueron casos aislados ni propios de una tipología particular. Se manifestaron en edificaciones de diversa antigüedad, desde viviendas populares hasta edificios de mediana altura, y su persistencia después de más de cinco décadas de desarrollo normativo plantea la necesidad de revisar los criterios de diseño, ejecución y supervisión.

Los hechos documentados muestran que la seguridad estructural no depende solo del diseño: la fidelidad de la ejecución y la eficacia de la supervisión condicionaron el comportamiento de las edificaciones durante el evento. En las edificaciones construidas antes de los años 80, de manera general se cumplen las prescripciones normativas verificables; a partir de 1980, se detectan deficiencias significativas en los detalles constructivos que no fueron detectadas ni corregidas por los mecanismos de supervisión existentes.

La respuesta de sitio y los efectos locales explican la heterogeneidad de los daños. Los mayores daños se concentraron en zonas con mayores espesores de sedimentos, como Caraballeda y Altamira-Los Palos Grandes-San Bernardino, pero también en las mesetas de Playa Grande y Mamo, donde los efectos topográficos pudieron amplificar el movimiento. La microzonificación sísmica es la herramienta que permite identificar y caracterizar estos efectos de sitio.

La licuación y la deformación permanente del terreno afectaron a las edificaciones y la infraestructura en las zonas costeras bajas y en los abanicos aluviales. La relación entre la licuación y el derrumbe de edificios de gran altura sigue sin resolverse: nada en el conjunto de datos actual demuestra que el fallo del terreno sea un factor principal en el derrumbe, y nada descarta que el ablandamiento de los suelos de soporte haya sido un factor coadyuvante.

La interacción suelo-cimentación-estructura fue un factor determinante en la respuesta diferenciada de las edificaciones. La integridad resistente de la cimentación no equivale a estabilidad cinemática: una cimentación sin daño material visible puede asentarse, rotar o trasladarse con el terreno e imponer deformaciones incompatibles con la superestructura.

8.3. Sobre la infraestructura, los servicios y la gestión del riesgo

La infraestructura y los servicios esenciales presentaron un desempeño heterogéneo: la Autopista Caracas-La Guaira resistió sin daños importantes, mientras que la Carretera Panamericana colapsó por derrumbes y el Aeropuerto Internacional Simón Bolívar y el Puerto de La Guaira vieron interrumpidas sus operaciones. Las presas de suministro de agua y de control de sedimentos no mostraron daños estructurales significativos, aunque su capacidad operativa está comprometida por condiciones preexistentes. Este contraste sugiere que la resiliencia de la infraestructura depende de factores como la ubicación respecto a las fallas activas, la redundancia de rutas y sistemas, la sectorización de las redes y la existencia de planes de contingencia. La interdependencia entre el sistema eléctrico y las redes de telecomunicaciones generó bucles destructivos en cascada que amplificaron los efectos del evento: la refinería El Palito interrumpió sus operaciones no por daños estructurales directos, sino por un corte de energía eléctrica.

La brecha entre el conocimiento técnico y las decisiones de inversión pública sigue siendo el rasgo dominante de la gestión del riesgo en Venezuela. La microzonificación sísmica, aunque desarrollada en varias ciudades del país, no se ha convertido en ordenanzas vinculantes en todos los casos. La normativa sismorresistente, aunque ha evolucionado desde 1939, no ha incorporado plenamente los criterios de campo cercano, directividad y carga secuencial. La evaluación de las obras de mitigación construidas tras los deslaves de 1999 revela que muchas han perdido su capacidad protectora por falta de mantenimiento sistemático. La calidad de la construcción, especialmente a partir de 1980, presenta deficiencias significativas que no fueron detectadas ni corregidas por los mecanismos de supervisión existentes.

La respuesta institucional movilizó una capacidad técnica sin precedentes. La Comisión Presidencial para la Evaluación de Habitabilidad de Infraestructuras y su Comité Técnico Asesor inspeccionaron 63.070 edificaciones a nivel nacional, con 18% de Etiqueta Roja y 24% de Etiqueta Amarilla. Además, coordinaron la movilización de 71 equipos USAR de 31 países y la instalación de 14 hospitales de campaña. La propuesta de Norma Sismorresistente de Emergencia elaborada por el Comité Técnico Asesor constituye la respuesta normativa más concreta generada por el evento: amplifica el espectro por factor de campo cercano, limita la construcción en zonas próximas a la falla de San Sebastián, aumenta las fuerzas de diseño en pórticos con paredes de relleno frágiles, exige anclajes pared-estructura y reduce las derivas admisibles. La respuesta cartográfica de emergencia, articulada por una red de académicos e investigadores, demostró que la gestión de la

información geoespacial y la preservación activa de datos son funciones críticas de la respuesta humanitaria.

La gestión del riesgo requiere una estrategia integral que articule la microzonificación, la revisión normativa, la instrumentación sísmica, la evaluación de las obras de mitigación y la planificación local. La correspondencia entre las vulnerabilidades identificadas en estudios previos y los daños causados en 2026 demuestra que el conocimiento técnico existía, pero no se tradujo en medidas preventivas. La reconstrucción de La Guaira y del litoral central ofrece una oportunidad para cerrar esa brecha, pero solo si la planificación incorpora explícitamente la resiliencia como criterio de diseño.

8.4. Sobre la dimensión social, educativa, cultural y económica

El evento de 2026 confirmó que la dimensión cultural del riesgo no es un fenómeno anecdótico ni secundario: las representaciones sociales, las prácticas religiosas y los imaginarios colectivos condicionan la forma en que las comunidades perciben y enfrentan la amenaza, y por tanto deben integrarse en las estrategias de educación y comunicación del riesgo. La conservación del patrimonio construido, por su parte, es un componente de la gestión integral del riesgo que el evento evidenció como tarea pendiente: la ausencia de mantenimiento y la incompatibilidad de refuerzos históricos agravaron los daños en edificaciones patrimoniales, lo que exige estrategias de intervención específicas.

La educación sísmica y la preparación ciudadana son condiciones de la efectividad de las medidas técnicas. La ausencia de registros instrumentales del evento limita la capacidad de aprendizaje de la población. La vulnerabilidad de la infraestructura escolar es una manifestación de los mismos mecanismos de daño documentados en las edificaciones residenciales y comerciales.

La gobernanza del riesgo exige una transición desde el modelo clásico burocrático hacia un paradigma que involucre horizontalmente al Estado, la sociedad civil y el sector privado. La trayectoria de La Guaira desde 1999 hasta 2026 evidencia que la ausencia de continuidad institucional es tan determinante como la magnitud de la amenaza.

El impacto económico del desastre se agravó por la falta de protección financiera previa, que trasladó las pérdidas privadas hacia las finanzas públicas. La cobertura de seguros en Venezuela era exigua, las reservas fiscales resultaban insuficientes y los mecanismos de transferencia de riesgo a los mercados de capitales eran prácticamente inexistentes. La adopción de seguros paramétricos, fondos de contingencia, bonos catastróficos y microseguros permitiría proteger tanto la integridad fiscal del Estado como la capacidad de recuperación de las personas y propietarios afectados.

La dimensión humana de la recuperación, el estado psíquico, orgánico y relacional de los habitantes, y el capital conductual de la población civil y la fuerza laboral, condiciona la viabilidad de cualquier plan de reconstrucción. La recuperación de un

territorio afectado por un desastre no puede medirse únicamente por la reposición de los activos físicos.

El impacto humano y económico del evento fue de gran magnitud. Las estimaciones de víctimas mortales oscilan entre 5.398 y 5.600 personas, según la fuente. La población en refugios temporales alcanzó las 23.843 personas. Las estimaciones de daños físicos directos oscilan entre 6 mil millones y 37 mil millones de dólares, según la metodología. Estas cifras confirman que el evento superó la capacidad de respuesta del Estado y que la ausencia de protección financiera previa agravó el impacto.

8.5. Lecciones aprendidas

El evento del 24 de junio de 2026 deja siete lecciones que deben orientar la reconstrucción de La Guaira y del litoral central, así como la gestión integral del riesgo de desastres en Venezuela. Estas lecciones se derivan de los hechos documentados por los 25 trabajos del Boletín y los 14 capítulos del informe GEER.

8.5.1. La recurrencia de los eventos es un dato de diseño, no una posibilidad remota

Hecho documentado: La coincidencia entre las intensidades máximas registradas en 2026 y las estimadas para los terremotos de 1812 y 1900 confirma que la región está sujeta a eventos de magnitud elevada con recurrencia secular. La recurrencia no es solo sísmica: los aludes torrenciales en La Guaira han ocurrido en 1999, 2005, 2010, 2011 y 2022.

Lección: La recurrencia de los eventos debe incorporarse como un dato de diseño en la planificación urbana, la normativa sismorresistente y la gestión del riesgo. Es un hecho documentado, no una posibilidad remota, y debe orientar las decisiones de inversión pública y privada.

Implicación: La reconstrucción de La Guaira y del litoral central debe planificarse para resistir el próximo evento, no solo para reponer lo destruido. La microzonificación sísmica, la revisión normativa y la evaluación de las obras de mitigación son instrumentos para traducir la recurrencia en medidas concretas.

8.5.2. El conocimiento técnico existía, pero no se tradujo en medidas preventivas

Hecho documentado: Las vulnerabilidades identificadas en estudios previos se materializaron con notable precisión durante el evento. La microzonificación sísmica, aunque desarrollada en varias ciudades, no se ha convertido en ordenanzas vinculantes en todos los casos. La normativa sismorresistente, aunque ha evolucionado desde 1939, no ha incorporado plenamente los criterios de campo cercano, directividad y carga secuencial. La evaluación de las obras de mitigación construidas tras los deslaves de 1999 revela que muchas han perdido su capacidad protectora por falta de mantenimiento sistemático.

Lección: La brecha entre el conocimiento técnico y la acción es el problema principal de la gestión del riesgo en Venezuela. El conocimiento debe traducirse en ordenanzas, presupuestos,

obras y mecanismos de supervisión que garanticen su implementación efectiva.

Implicación: La reconstrucción debe incorporar mecanismos institucionales que garanticen la implementación de las recomendaciones técnicas. La microzonificación debe convertirse en ordenanza; la normativa debe actualizarse y aplicarse; las obras de mitigación deben mantenerse. Sin esos mecanismos, el próximo evento encontrará al país en la misma situación.

8.5.3. La calidad de la construcción es tan determinante como el diseño

Hecho documentado: Los mecanismos de daño observados: piso blando, columna corta, fallas de confinamiento y solape, corrosión, mampostería sin confinamiento, fueron recurrentes en edificaciones de diversa tipología y antigüedad: edificios residenciales y comerciales, hospitales, escuelas, patrimonio religioso y viviendas populares. El 93% de los edificios evaluados construidos después de 1980 no cumplió con los cierres a 135° en las ligaduras de columnas, y el 95% presentó exceso de barras en los empalmes.

Lección: La calidad de la ejecución y el control de calidad en obra son tan determinantes como el diseño estructural. Un proyecto correctamente diseñado puede colapsar si la ejecución es deficiente. La supervisión, la inspección independiente y la trazabilidad documental son condiciones de la seguridad estructural.

Implicación: La reconstrucción debe incorporar mecanismos de control de calidad que garanticen que las edificaciones se construyan conforme al diseño. La selección de contratistas, la experiencia técnica de los inspectores y la verificación independiente son elementos esenciales de la seguridad estructural. La investigación forense de los colapsos, con preservación de evidencia antes de demoler, es una condición para identificar las causas y evitar su repetición.

8.5.4. La interdependencia de las líneas de vida amplifica los efectos del evento

Hecho documentado: La interdependencia entre el sistema eléctrico y las redes de telecomunicaciones generó bucles destructivos en cascada. La refinería El Palito interrumpió sus operaciones no por daños estructurales directos, sino por un corte de energía eléctrica. La interrupción de un servicio esencial puede generar efectos en cascada sobre las cadenas productivas y logísticas.

Lección: La resiliencia de las líneas de vida debe abordarse de manera integrada, no como una suma de sistemas independientes. La dependencia mutua entre los sistemas eléctrico, de telecomunicaciones, de agua y de transporte genera vulnerabilidades que no se resuelven con medidas aisladas.

Implicación: La reconstrucción debe incorporar redundancia, sectorización y planes de contingencia en las líneas de vida. La diversificación de rutas, la generación distribuida y los sistemas de comunicación de respaldo son medidas que reducen la vulnerabilidad sistémica.

8.5.5. La gobernanza del riesgo requiere continuidad institucional

Hecho documentado: La trayectoria de La Guaira desde 1999 hasta 2026 evidencia que la ausencia de continuidad institucional es tan determinante como la magnitud de la amenaza. Las obras de mitigación construidas tras el deslave de 1999 perdieron su capacidad protectora por falta de mantenimiento, y los planes de ordenamiento territorial fueron abandonados. La respuesta al evento de 2026 demostró que el país cuenta con capacidad técnica para organizar una evaluación masiva de daños, pero también que esa capacidad se activa de manera reactiva y no se sostiene en el tiempo.

Lección: La gestión del riesgo no es un problema solamente técnico; es un problema de gobernanza que exige continuidad institucional, financiamiento sostenible y capacidad técnica permanente. La ausencia de continuidad institucional es tan determinante como la magnitud de la amenaza.

Implicación: La reconstrucción debe incorporar mecanismos de participación social, transparencia y rendición de cuentas, así como garantizar la continuidad institucional, el financiamiento sostenible y la capacitación técnica a largo plazo. La gestión del riesgo no puede depender de la voluntad política de un gobierno específico: debe institucionalizarse como política de Estado.

8.5.6. La reconstrucción es una oportunidad para cerrar las brechas identificadas

Hecho documentado: La reconstrucción de La Guaira y del litoral central ofrece una oportunidad para cerrar las brechas entre el conocimiento y la acción, entre la normativa y su aplicación, entre la respuesta inmediata y la planificación de largo plazo. El evento de 2026 evidenció que las vulnerabilidades identificadas en estudios previos se manifestaron, y que la reconstrucción de 1999 no logró cerrar esas brechas.

Lección: La reconstrucción no debe entenderse como la reposición de lo destruido, sino como un proceso de aprendizaje que incorpore las lecciones del evento y garantice que el próximo evento encuentre al país mejor preparado. La prevención es más rentable que la reconstrucción, y la protección financiera es una condición de la resiliencia.

Implicación: La reconstrucción debe incorporar la microzonificación sísmica, la revisión normativa, la instrumentación sísmica, la evaluación de las obras de mitigación y la planificación local. Debe garantizar su implementación, su financiamiento y su continuidad en el tiempo. La publicación de este número especial del Boletín a los tres meses del terremoto busca contribuir al aprendizaje de lo ocurrido; ahora corresponde a los tomadores de decisiones y a la sociedad en su conjunto convertir ese conocimiento en acción.

8.5.7. La protección financiera es una condición de la resiliencia

Hecho documentado: La cobertura de seguros en Venezuela era exigua (0,9% del PIB en 2024, frente al 3,2% en América

Latina) y los mecanismos de transferencia de riesgo a los mercados de capitales eran prácticamente inexistentes. La ausencia de protección financiera previa trasladó las pérdidas privadas hacia las finanzas públicas.

Lección: La ausencia de protección financiera previa agravó el impacto económico del desastre y trasladó las pérdidas privadas hacia las finanzas públicas. La protección financiera no es un complemento de la gestión del riesgo, sino una condición de la resiliencia.

Implicación: La reconstrucción debe incorporar instrumentos de protección financiera: seguros paramétricos, fondos de contingencia, bonos catastróficos y microseguros, que protejan tanto la integridad fiscal del Estado como la capacidad de recuperación de las personas afectadas. Su adopción requiere una base técnica de modelación probabilística de riesgos y un marco institucional que garantice que las primas pagadas se conviertan en protección efectiva.

Las siete lecciones aprendidas configuran un marco de referencia para la reconstrucción de La Guaira y del litoral central. El evento del 24 de junio de 2026 deja un balance de destrucción y de aprendizaje. La caracterización física del evento, la evaluación de la respuesta estructural y geotécnica, el análisis del desempeño de la infraestructura y los servicios, la reflexión sobre la gestión del riesgo y la consideración de la dimensión social, educativa, cultural y económica configuran un cuadro complejo que exige respuestas integrales. La reconstrucción de La Guaira y del litoral central es una oportunidad para cerrar las brechas identificadas, pero solo si la planificación incorpora explícitamente las lecciones del evento y garantiza su implementación, su financiamiento y su continuidad en el tiempo. La publicación de este número especial del Boletín a los tres meses del terremoto es una expresión de la voluntad de aprender de lo ocurrido; ahora corresponde a los tomadores de decisiones y a la sociedad en su conjunto convertir ese conocimiento en acción.

REFERENCIAS

- Arnold, L., Varela, P., Sánchez, K., Castro-Bolinaga, C., y García, E. (2026). Estabilidad sísmica de taludes y peligros compuestos. En *Informe GEER: Terremotos del 24 de junio de 2026 de San Felipe y Catia La Mar, Venezuela* (Cap. 10). Geotechnical Extreme Events Reconnaissance.
- Audemard, F. A. (2026). Geodinámica y sismotectónica de los sismos del estado La Guaira del 24 de junio de 2026, Venezuela Norcentral: gran ruptura multifocal. *Boletín De La Academia De La Ingeniería Y El Hábitat*, (72). <https://n2t.net/ark:/42414/banilh/722026/169>
- Balza, N. J., y Montecalvo Di Fiore, A. (2026). Vulnerabilidad estructural y desafíos de conservación en el patrimonio religioso de Venezuela: lecciones y evaluaciones tras el evento sísmico del 24 de junio de 2026. *Boletín De La Academia De La Ingeniería Y El Hábitat*, (72). <https://n2t.net/ark:/42414/banilh/722026/191>
- Barba, D., Kuncar, F., Cabas, A., y Xu, K. (2026). Características del movimiento del suelo y efectos locales del sitio. En *Informe GEER: Terremotos del 24 de junio de 2026 de San Felipe y Catia La Mar, Venezuela* (Cap. 6). Geotechnical Extreme Events Reconnaissance.
- Bonilla, G. (2026). Respuesta estructural y control de calidad en obra. Lecciones, debilidades y cambios necesarios tras el terremoto de La Guaira 24 de junio 2026. *Boletín De La Academia De La Ingeniería Y El Hábitat*, (72). <https://n2t.net/ark:/42414/banilh/722026/178>
- Caraballo, L. G. (2026). Rediseño Urbano y Continuidad de Operaciones Post-Sismo en el Eje Caracas - La Guaira: Un Modelo de Prospectiva Territorial Basado en el Control de Intangibles y Sintonización Neurofisiológica. *Boletín De La Academia De La Ingeniería Y El Hábitat*, (72). <https://n2t.net/ark:/42414/banilh/722026/188>
- Carrillo, E. (2026). Tectónica regional. En *Informe GEER: Terremotos del 24 de junio de 2026 de San Felipe y Catia La Mar, Venezuela* (Cap. 3). Geotechnical Extreme Events Reconnaissance.
- Carrillo, E. (2026). Contexto geológico. En *Informe GEER: Terremotos del 24 de junio de 2026 de San Felipe y Catia La Mar, Venezuela* (Cap. 4). Geotechnical Extreme Events Reconnaissance.
- De Viana, J. M. (2026). Resiliencia y recuperación funcional de redes de telecomunicación móviles. *Boletín De La Academia De La Ingeniería Y El Hábitat*, (72). <https://n2t.net/ark:/42414/banilh/722026/183>
- Echezuría, H. (2026). Aspectos conceptuales de varios mecanismos focales y sus efectos en los sismos y obras de ingeniería. *Boletín De La Academia De La Ingeniería Y El Hábitat*, (72). <https://n2t.net/ark:/42414/banilh/722026/171>
- Estévez, R. (2026). Responsabilidades e incertidumbres en torno a la gestión municipal de los riesgos siconaturales y tecnológicos. *Boletín De La Academia De La Ingeniería Y El Hábitat*, (72). <https://n2t.net/ark:/42414/banilh/722026/187>
- Fargier-Gabaldón, L., Pinto, F., Mata Lemus, R., Núñez, E., y Dickson, M. (2026). Impactos en edificios de ingeniería. En *Informe GEER: Terremotos del 24 de junio de 2026 de San Felipe y Catia La Mar, Venezuela* (Cap. 11). Geotechnical Extreme Events Reconnaissance.
- García, R. (2026). Enseñanzas geológicas aplicadas al terremoto de La Guaira 24/06/26. *Boletín De La Academia De La Ingeniería Y El Hábitat*, (72). <https://n2t.net/ark:/42414/banilh/722026/172>
- Genatios, C. (2026). Vargas, La Guaira: de los deslaves a los terremotos. *Boletín De La Academia De La Ingeniería Y El Hábitat*, (72). <https://n2t.net/ark:/42414/banilh/722026/185>
- Genatios, C. y Lafuente, M. (2026). Los terremotos del 24 de junio de 2026 en Venezuela. Revisión de la fuente sísmica, efectos de campo cercano, respuesta de sitio y lecciones para la normativa sismorresistente. *Boletín De La Academia De La Ingeniería Y El Hábitat*, (72). <https://n2t.net/ark:/42414/banilh/722026/177>
- González, C., y Ugas, L., Ascanio, A., Rincón, I., Cisneros, L. y Contreras, R. (2026). Cartografía de respuesta rápida para la Gestión de Emergencias y Desastres: Uso de fuentes secundarias en la evaluación de daños del evento sísmico denominado Terremoto de La Guaira 24J, 2026. *Boletín De*

- La Academia De La Ingeniería Y El Hábitat*, (72). <https://n2t.net/ark:/42414/banilh/722026/186>
- Lafuente, M. (2026). El sismo del 24 de junio de 2026 en Venezuela: análisis preliminar de daños en edificaciones en Caracas y La Guaira, y lecciones para la gestión del riesgo. *Boletín De La Academia De La Ingeniería Y El Hábitat*, (72). <https://n2t.net/ark:/42414/banilh/722026/175>
- Liñayo, A., Páez, G. A., y Uzcátegui, M. (2026). Mapa de máximas intensidades sísmicas estimadas para Venezuela en el período 1530-2026. *Boletín De La Academia De La Ingeniería Y El Hábitat*, (72). <https://n2t.net/ark:/42414/banilh/722026/170>
- López, J. L. (2026). Evaluación del estado físico y funcional de las obras de mitigación de riesgos construidas en el Estado La Guaira a raíz de los deslaves de 1999. *Boletín De La Academia De La Ingeniería Y El Hábitat*, (72). <https://n2t.net/ark:/42414/banilh/722026/184>
- López, O. A., Rengel, J. G., Páez, V., Rojas, R., Marinilli, A., Fernández, N., Torres, R., Núñez, E., Coronel D., G., Marcial, D., Hernández, L., Baloa, T., Villegas, A., González, R., Lafuente, M., Idrees, A., Mata, R., Ascanio, W., Rengel, H., y Herrera, A. (2026). El terremoto de La Guaira: evaluación de habitabilidad y respuesta institucional. *Boletín De La Academia De La Ingeniería Y El Hábitat*, (72). <https://n2t.net/ark:/42414/banilh/722026/181>
- Mariño, N. (2026). De la memoria sísmica a la educación sísmica: cómo actuar y aplicar protocolos de protección personal. Lecciones tras los sismos del 24/06/2026. *Boletín De La Academia De La Ingeniería Y El Hábitat*, (72). <https://n2t.net/ark:/42414/banilh/722026/189>
- Montalva, G. A., Varela, P., Pinto, F. J., Mata-Lemus, R., y Zakka, W. (2026). Licuación. En *Informe GEER: Terremotos del 24 de junio de 2026 de San Felipe y Catia La Mar, Venezuela* (Cap. 9). Geotechnical Extreme Events Reconnaissance.
- Nie, S. (2026). Sismicidad y características de la fuente sísmica. En *Informe GEER: Terremotos del 24 de junio de 2026 de San Felipe y Catia La Mar, Venezuela* (Cap. 5). Geotechnical Extreme Events Reconnaissance.
- Oviedo, L. M. (2026). La reorganización del entramado social en las zonas afectadas por el doblete sísmico del 24 de junio en Venezuela. *Boletín De La Academia De La Ingeniería Y El Hábitat*, (72). <https://n2t.net/ark:/42414/banilh/722026/190>
- Páez-Pumar, E. (2026). Terremoto de Caracas y La Guaira del 24 de junio de 2026. Vulnerabilidad de accesos y servicios públicos. *Boletín De La Academia De La Ingeniería Y El Hábitat*, (72). <https://n2t.net/ark:/42414/banilh/722026/182>
- Paul, N., Dickson, M., y Cabas, A. (2026). Impactos humanos y económicos. En *Informe GEER: Terremotos del 24 de junio de 2026 de San Felipe y Catia La Mar, Venezuela* (Cap. 14). Geotechnical Extreme Events Reconnaissance.
- Perri, J. F., y Ramírez, J. (2026). Impactos en las presas. En *Informe GEER: Terremotos del 24 de junio de 2026 de San Felipe y Catia La Mar, Venezuela* (Cap. 12). Geotechnical Extreme Events Reconnaissance.
- Pinto, F. (2026). Evidencias empíricas del impacto del comportamiento del suelo en la respuesta estructural de las edificaciones durante el terremoto del 24 de junio de 2026 en Venezuela. *Boletín De La Academia De La Ingeniería Y El Hábitat*, (72). <https://n2t.net/ark:/42414/banilh/722026/180>
- Rebonatto D., M. A. (2026). Manual monográfico de resiliencia urbana y blindaje estructural sismorresistente. Análisis de los colapsos en Caracas y La Guaira bajo la normativa NCh433. *Boletín De La Academia De La Ingeniería Y El Hábitat*, (72). <https://n2t.net/ark:/42414/banilh/722026/179>
- Rodríguez, J. A., Leal Guzmán, A., y Singer Michelle, A. (2026). Aproximación a la hagiografía sísmica de Venezuela. *Boletín De La Academia De La Ingeniería Y El Hábitat*, (72). <https://n2t.net/ark:/42414/banilh/722026/192>
- Rose, A., et al. (2026). Redes de servicios esenciales. En *Informe GEER: Terremotos del 24 de junio de 2026 de San Felipe y Catia La Mar, Venezuela* (Cap. 13). Geotechnical Extreme Events Reconnaissance.
- Schmitz, M. (2026). Aportes de la microzonificación sísmica para la mitigación del riesgo sísmico en Venezuela — avances y desafíos (compendio del TIA). *Boletín De La Academia De La Ingeniería Y El Hábitat*, (72). <https://n2t.net/ark:/42414/banilh/722026/173>
- Schmitz, M., Alvarado, L., Contreras, R., Hernández-Ramos, L. M., y Mocquet, A. (2026). Los terremotos del 24 de junio de 2026 en Venezuela: estructuras litosféricas en el norte de Sudamérica, comportamiento de las réplicas y la importancia de la microzonificación sísmica para la reconstrucción de La Guaira. *Boletín De La Academia De La Ingeniería Y El Hábitat*, (72). <https://n2t.net/ark:/42414/banilh/722026/174>
- Tineo, L. (2026). Los terremotos de Venezuela: Cuando las pérdidas no tienen cobertura. *Boletín De La Academia De La Ingeniería Y El Hábitat*, (72). <https://n2t.net/ark:/42414/banilh/722026/193>
- Urich, A. (2026). Incompatibilidad entre pórticos y paredes de relleno de mampostería: lecciones recurrentes ratificadas tras el terremoto de La Guaira de 2026. *Boletín De La Academia De La Ingeniería Y El Hábitat*, (72). <https://n2t.net/ark:/42414/banilh/722026/176>
- Varela, P. (2026). Evidencia remota de deformación del terreno. En *Informe GEER: Terremotos del 24 de junio de 2026 de San Felipe y Catia La Mar, Venezuela* (Cap. 7). Geotechnical Extreme Events Reconnaissance.
- Varela, P., Perri, J. F., Pinto, F., y Zakka, W. (2026). Ruptura de la superficie del terreno a lo largo de la falla. En *Informe GEER: Terremotos del 24 de junio de 2026 de San Felipe y Catia La Mar, Venezuela* (Cap. 8). Geotechnical Extreme Events Reconnaissance.
- Weisbord, N. E. (1957). Notes on the geology of the Cabo Blanco area, Venezuela. *Bulletins of American Paleontology*, 38(165), 1–25.