Boletín de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat. ISSN 1317-6781
Caracas, Nº 72. Edición especial, octubre 2026: 424 – 433
https://n2t.net/ark:/42414/banih/722026/186

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

Carlos Enrique GONZÁLEZ ROJAS[1], Laura UGAS[1], Alfredo ASCANIO[2],
Ignacio RINCÓN[3], Ligia CISNEROS[4] Rommel CONTRERAS[5]

RESUMEN

El 24 de junio de 2026 (22:04 UTC), la región centro-norte de Venezuela experimentó una severa liberación coseísta articulada por dos terremotos (M*w* 7.2 precursor y M*w* 7.5 principal) en la intersección tectónica Yaracuy-Carabobo (San Felipe/Yumare). La secuencia de ruptura afectó una extensión territorial superior a 35.000 km², impactando la Gran Caracas (Distrito Capital) junto a los estados La Guaira, Carabobo, Aragua, Miranda, Yaracuy y Falcón. La combinación de elevadas aceleraciones pico del terreno (PGA > 0.4g), amplificación espectral en depósitos lacustres profundos de la Cuenca de Caracas, fallas de terreno por licuefacción litoral y movimientos en masa en la Cordillera de la Costa provocó el colapso crítico de las infraestructuras de movilidad y energía afectando vidas y bienes. Ante la interrupción en la transmisión de datos directos por la degradación de redes móviles, se activaron mecanismos internacionales de teledetección (Copernicus EMS EMSR884, CHARTER/ABAE y Esri, Programa de Respuesta ante Desastre). La interpretación de imágenes de muy alta resolución identificó 3.119 edificaciones afectadas en 13 Áreas de Interés. Para mitigar la ceguera espacial en el nivel táctico, la red de voluntariado técnico universitario articuló la Serie Cartográfica Versión 8 (V8): un conjunto de 526 mapas sectorizados a escala 1:3.000, integrados en mallas cuadriculadas de 590 m \ 590 m en formato impreso A4/Carta. Esta arquitectura de "resiliencia en papel" garantiza la continuidad operativa para la asignación de sectores de Búsqueda y Rescate Urbano (USAR ASR Nivel 2) y la Evaluación de daños y Análisis de Necesidades. Paralelamente, una capa digital de respuesta rápida sostuvo el suministro informativo: un visor cartográfico web estático, servido 19 horas después del evento desde una red de distribución de contenidos (CDN) externa y con capacidad de operación desconectada, permaneció inmune al colapso eléctrico local. La interfaz integró reportes ciudadanos (782 edificaciones, 4.458 fotografías), la zonificación satelital de Copernicus EMS (309 estructuras) y el catálogo sísmico local de réplicas (983 eventos, incluidos los de magnitud 2 ≥ M*w* ≥ 4). Cuando la plataforma ciudadana de origen sufrió la purga de su base de datos el 30 de junio (pasando de 926 a 109 registros), una copia de preservación con regla de unión antirregresión sostuvo el insumo operativo, evidenciando que la preservación de datos constituye una función directa de respuesta humanitaria y no de archivo pasivo.

ABSTRACT

Rapid-response mapping for emergency and disaster management: Use of secondary sources in the damage assessment of the seismic event known as the La Guaira earthquake 24J, 2026

On June 24, 2026, a severe seismic sequence (Mw 7.2 foreshock and M*w* 7.5 mainshock) in the Yaracuy-Carabobo junction affected over 35,000 m² across north-central Venezuela, including Greater Caracas. High peak ground accelerations (PGA > 0.4g), spectral amplification in deep lacustrine soils, liquefaction, and landslides caused critical infrastructure collapse. Due to telecommunications degradation, international remote sensing mechanisms (Copernicus EMS, CHARTER/ABAE, Esri) were activated, identifying 3,119 damaged structures across 13 Areas of Interest. To overcome tactical spatial blindness, a university technical volunteer network produced the Version 8 (V8) Map Series: 526 print-ready A4 maps scaled at 1:3,000 with a 590 m \ 590 m grid to ensure operational continuity for Urban Search and Rescue (USAR ASR Level 2) and damage assessment. Concurrently, a static web map served via external CDN provided offline-capable digital intelligence within 19 hours, integrating citizen reports, satellite damage zones, and local foreshock/aftershock catalogs (Mw ≥ 4). When primary crowd-sourced databases were purged on June 30, an anti-regression preservation mirror sustained operations, demonstrating that data preservation is an active humanitarian response function rather than a passive archiving task.

[1] Depto. de Ciencias de la Tierra, Coordinador – Laboratorio de SIG y Modelado Ambiental (LSIGMA), Universidad Simón Bolívar, Venezuela, carlosgonzalez@usb.ve, Orcid. 0009-0002-5728-1731
[2] Universidad de Carolina del Norte en Chapel Hill, alspeed09@gmail.com
[3] CENAMB. Universidad Central de Venezuela. Investigador, huella.fau@gmail.com, Orcid. 0009-0000-8202-859X
[4] Investigadora independiente, Venezuela, ligiadigital24@gmail.com
[5] Academia de Geo Historia del Estado Sucre, rommel@udo.edu.ve, Orcid. 0000-0003-2847-979X

Palabras clave: SIG, Copernicus EMS, evaluación en zonas remotas, voluntariado universitario, teledetección de emergencia, operaciones USAR.
Keywords: GIS, Copernicus EMS, remote damage assessment, university volunteering, emergency remote sensing, USAR operations.

1. Introducción

La Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres define un desastre como «Una alteración grave del funcionamiento de una comunidad o sociedad a cualquier escala debido a eventos peligrosos que interactúan con condiciones de exposición, vulnerabilidad y capacidad, lo que conlleva una o más de las siguientes pérdidas e impactos humanos, materiales, económicos y ambientales» (UNDRR, 2025). Bajo esa definición, la secuencia sísmica del 24 de junio de 2026 constituyó un desastre con repercusiones a nivel nacional cuya atención exigió movilizar capacidades técnicas ajenas a la estructura institucional ordinaria.

1.1 Marco Geodinámico y Fenomenología del Evento Sísmico de junio de 2026

El 24 de junio de 2026, el sistema de fallas transcurrente dextral que define el límite transformante entre las placas Caribe y suramericana registró una liberación sísmica de energía de magnitud excepcional. La secuencia, caracterizada como un evento sísmico complejo con dos rupturas principales (Mw 7,2 y Mw 7,5), inició con una nucleación epicentral en el sector San Felipe-Yumare (Estado Yaracuy) e indujo una transferencia de esfuerzos cinemáticos hacia el oriente, activando la Falla de San Sebastián frente al sector de Catia La Mar en el Estado La Guaira (FUNVISIS, 2026). Esta propagación focal generó aceleraciones pico del terreno (PGA) superiores a 0,4 g en la franja litoral y el eje metropolitano (USGS, 2026).

La secuencia telúrica desencadenó cuatro cascadas de amenaza concatenadas con alto impacto en la infraestructura crítica de la región centro-norte del país:

Amplificación de Sitio y Respuesta Espectral: Fenómenos de resonancia estructural en los depósitos fluvio-torrenciales y lacustres profundos de la Cuenca de Caracas (sectores Chacao, Altamira y Los Palos Grandes) así como en los abanicos aluviales (sectores del estado La Guaira), que exacerban el daño en edificaciones de mediano y alto rango de altura (GEER, 2026).

Fallas de Terreno por Licuefacción Litoral: Pérdida severa de la capacidad portante de suelos limoso-arenosos saturados en la franja costera del estado La Guaira y el eje industrial-portuario de Carabobo (Puerto Cabello-Morón) (GEER, 2026).

Movimientos en Masa Rápidos (LMR) e Inestabilidad de Laderas: Desprendimientos de rocas y deslizamientos en las vertientes de alta pendiente de la Cordillera de la Costa, ocasionando la pérdida de conectividad en las arterias viales primarias (autopista Caracas-La Guaira y carretera Panamericana) y el aislamiento de núcleos urbanos costeros.

Dislocación Geodésica: Alteración de las coordenadas de superficie por desplazamientos métricos y centimétricos que afectaron los vértices de primer y segundo orden del Marco Geodésico Nacional Activo (SIRGAS-REGVEN) (IGVSB, 2026; USGS, 2026).

Ante la magnitud de la catástrofe, el Gobierno de Venezuela declaró el Estado de Emergencia. En las primeras 72 horas, el colapso del fluido eléctrico regional y la degradación de las redes de telefonía y de la infraestructura de fibra óptica obstaculizaron la transmisión continua de datos georreferenciados desde el terreno. Este "vacío de información en la fase de emergencia" dificultó la toma de decisiones tácticas y aumentó la exposición al riesgo del personal en campo (Paton & Johnston, 2001).

Debido a la imposibilidad de cubrir, mediante evaluación directa, un área afectada superior a 35.000 km², la Comisión Europea (DG ECHO) activó el servicio *Copernicus EMS On-Demand Rapid Mapping* (código EMSR884). La plataforma Copernicus cuenta con un Servicio de Gestión de Emergencias llamado CEMS Mapping. Esta plataforma de la Unión Europea utiliza imágenes de satélite y otros datos geoespaciales para ofrecer un servicio de mapeo gratuito de peligros naturales y desastres provocados por el hombre en todo el mundo.

CEMS Mapping genera datos vitales para los administradores de emergencias para dar apoyo y ofrecer una respuesta de emergencia efectiva, los esfuerzos de recuperación y la reducción del riesgo de desastres, enlace: https://emergency.copernicus.eu/about/

1.2 Justificación, Contexto Inmediato y Enfoque de la Cartografía de respuesta rápida para la Gestión de Emergencias y Desastres

En medio de la parálisis tecnológica y la incertidumbre post evento, la respuesta técnica emergió de forma paulatina a través de canales de comunicación contingentes. Académicos e investigadores vinculados históricamente al Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica y Modelado Ambiental (LSIGMA-USB) establecieron una red ad hoc de trabajo coordinada conjuntamente por la Prof. Virginia Jiménez (UCV) y Carlos Enrique González (Universidad Simón Bolívar), en articulación directa con las sugerencias del Prof. Michael Schmitz (USB-UCV). A este núcleo se sumaron especialistas adscritos a instituciones nacionales e internacionales, entre ellos Alfredo Ascanio (University of North Carolina at Chapel Hill), Ignacio Rincón (Centro de Estudios Integrales del Ambiente, CENAMB, Universidad

Central de Venezuela, con más de dos décadas de línea de investigación en riesgos, amenazas y vulnerabilidad) y Rommel Contreras (Academia de GeoHistoria del Estado Sucre), entre otros.

Esta iniciativa civil-académica entabló comunicación directa con tomadores de decisiones y entes operativos: la Corporación de Obras Públicas del Ministerio del Poder Popular para Obras Públicas, el Instituto Nacional de Geología y Minería (INGEOMIN), la Agencia Bolivariana para Actividades Espaciales (ABAE), el Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo (MINEC) y la Dirección de Geografía y Cartografía de la Fuerza Armada Nacional Bolivariana (DGCFANB). Paralelamente, se canalizaron requerimientos espaciales a través de agencias de cooperación como la Oficina de las Naciones Unidas para la Coordinación de Asuntos Humanitarios (OCHA), el equipo de Evaluación y Coordinación en Casos de Desastre (UNDAC) y el Dividendo Voluntario para la Comunidad (DVC).

El diagnóstico interinstitucional confirmó la necesidad crítica de crear una *Serie Cartográfica de Respuesta Rápida* orientada a los equipos de Búsqueda y Rescate Urbano (USAR) y brigadas de evaluación en zonas remotas desprovistas de conectividad. Para garantizar la interoperabilidad entre las plataformas globales (OCHA, Copernicus EMS, Esri DR) y los actores de respuesta locales (Protección Civil, Bomberos y Voluntariado Técnico Universitario), la cartografía se fundamentó en tres pilares conceptuales y operativos:

Métrica de Excepción Táctica (Escala 1:3.000): Se descartaron las escalas regionales normadas (1:25.000 o 1:50.000) por carecer de resolución a nivel de parcela y edificación. Si bien la normativa vigente derivada de la Ley de Geografía, Cartografía y Catastro Nacional (Asamblea Nacional, 2000) estandariza la cartografía urbana en escalas fijas (1:5.000, 1:2.500 o 1:1.000), la Serie V8 adoptó la escala de contingencia 1:3.000. Esta métrica no estandarizada surge de la adaptación matemática estricta para encajar la malla cuadrícula de 590 m x 590 m de Copernicus EMS en formato imprimible A4 equivalente a Carta. Este ajuste pragmático garantiza la resolución métrica necesaria para evaluar los anchos de calzada, los puntos de estrangulamiento y la huella de las estructuras colapsadas, manteniendo la integridad geométrica requerida para las operaciones de campo.

Malla de Referencia Cuadrícula (Grid Copernicus): Cada hoja cartográfica integra una cuadrícula ortogonal de 590 m x 590 m, derivada del estándar de división sectorial de Copernicus EMS. La asignación alfanumérica unívoca por cuadrante facilita la distribución de los sectores de búsqueda ASR Nivel 2 a los equipos USAR e INSARAG, permitiendo el reporte de hallazgos mediante radiofrecuencia (VHF/UHF) sin requerir el procesamiento de coordenadas complejas.

Principio de "Resiliencia en Papel" e Impresión Descentralizada: Ante la vulnerabilidad de los datos digitales frente a los cortes de energía, los productos cartográficos se optimizaron en formato vectorial simplificado (PDF a 300 DPI, formato A4/Carta). Esto permitió a las Unidades de Inteligencia Cartográfica (UIC) imprimir y entregar mapas tácticos analógicos directamente a los comandantes de escena en los Centros de Operaciones de Emergencia (COE).

El presente artículo analiza el diseño, la evolución e impacto de la *Serie Cartográfica de Respuesta Rápida (V1 a V8)*. Se examina cómo la integración metodológica de fuentes secundarias, sumada a protocolos de preservación activa de datos dinámicos, permitió transformar la "ceguera espacial" inicial en un modelo funcional de resiliencia geoinformativa para la toma de decisiones en escenarios de desastres extremos.

2. Metodología

El desarrollo de la *Cartografía de respuesta rápida para la Gestión de Emergencias y Desastres* evolucionó desde la versión inicial (V1), emitida el 28 de junio, hasta la versión 8 (V8), consolidada el 9 de julio de 2026. La metodología se articuló mediante un flujo de geoprocesamiento continuo diseñado para transformar datos secundarios, heterogéneos y dispersos en capas SIG estandarizadas e interoperables durante las primeras 72 horas posteriores al evento (ver figura 1).

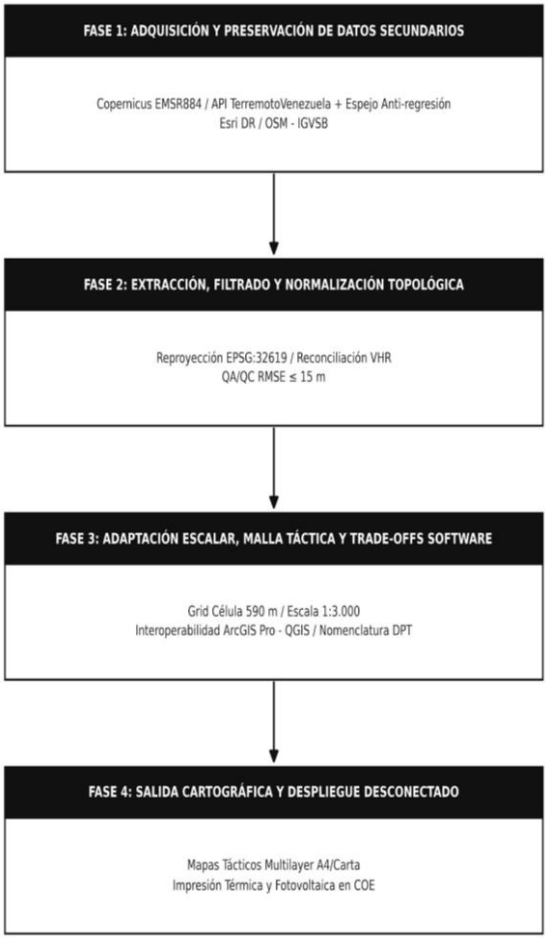


Figura 1. Flujo metodológico para la gestión de datos geoespaciales y salida cartográfica táctica

FASE 1: Insumos Geoespaciales y Fuentes de Información Heterogéneas

Para garantizar la precisión geométrica de la Serie Cartográfica V8 a escala 1:3.000, la captura de datos combinó cartografía oficial, plataformas colaborativas e imágenes satelitales de muy alta resolución (VHR), complementadas con interferometría de radar.

Insumos Cartográficos Básicos y Referenciales

Cartografía Oficial Nacional: División Político-Territorial en formato vectorial del Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGVSB), a escalas de 1:50.000 (Distrito Capital) y de 1:150.000 a 1:300.000 (estados La Guaira, Miranda, Carabobo y Yaracuy).

Compilaciones Temáticas Regionales: Capas geoespaciales de vialidad, topografía y vulnerabilidad de INGEOLAN y CORPOVARGAS.

Datos Abiertos y Digitales: Vectores de infraestructura urbana extraídos de OpenStreetMap (OSM, 2026) e imágenes de contexto provenientes de Bing Maps (2026).

Servicio de Mapeo de Emergencia Copernicus (ESA EMSR884): Activado el 25/06/2026 (03:51 UTC). El análisis de daño estructural se fundamentó en teledetección multitemporal, procesada por las entidades ITHACA y SERTIT, para activar el servicio EMSR884 del Copernicus EMS. Las capas de polígonos de edificaciones y puntos de interrupción vial fueron publicadas el 27 de junio de 2026 bajo el siguiente marco óptico que se aprecia en la tabla 1 y figura 2.

Tabla 1. Marco óptico utilizado por el servicio de mapeo de emergencia Copernicus (ESA EMSR884)

Momento	Sensor y titular	Adquisición	Resolución
Pre-evento	Pléiades Neo © CNES, distribuida por Airbus DS	05/01/2026 15:10 UTC 08/01/2026 15:17 UTC	0,3 m
Post-evento	Legion © Vantor, vía European Space Imaging	26/06/2026 15:10 UTC	0,5 m

El procesamiento de Copernicus EMS generó 33 productos cartográficos (GeoPackage, JSON y PDF) distribuidos en 7 regiones de evaluación: Caraballeda, Catia La Mar, San Felipe, Morón, Puerto Cabello, Caracas y Costa Central; un ejemplo de ello se aprecia en la siguiente figura.



Figura 2. Imágenes del antes y después estado La Guaira julio 2026. Fuente: Plataforma Vantor (julio 2026).

Geodesia Coseísta e Interferometría Radar (InSAR NISAR-JPL)

Sensor e Instrumento: Radar de Apertura Sintética de la misión NASA-ISRO (NISAR), procesado por el Jet Propulsion Laboratory (JPL-NASA).

Línea de Base Interferométrica: Comparativa multitemporal entre pases de radar preevento (13 y 18 de junio de 2026) y postevento (25 y 30 de junio de 2026) mediante la técnica InSAR, ver figura 3.

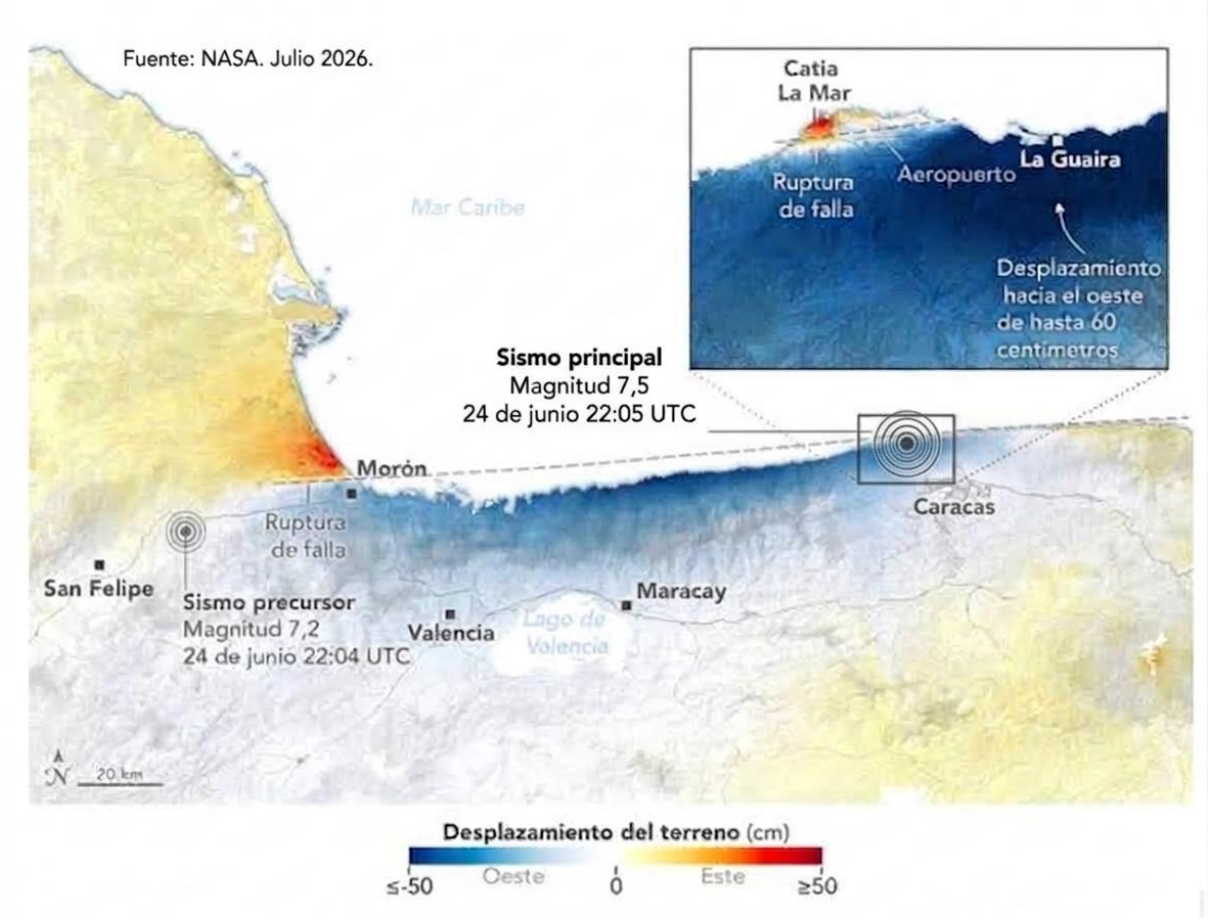


Figura 3. Desplazamiento del terreno en (cm) Terremotos de Venezuela julio 2026
Fuente: Elaboración propia. Modificado del Observatorio de la Tierra de la NASA/Lauren Dauphin. Julio 2026.
https://ciencia.nasa.gov/ciencias-terrestres/donde-se-desplazo-la-superficie-terrestre-por-los-terremotos-de-venezuela/

Nota: El Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) emitió una actualización técnica 34 días después del evento. Tras procesar datos adicionales de las estaciones sismológicas y refinar los cálculos del doblete sísmico, la entidad fijó oficialmente el epicentro del terremoto de magnitud 7,5 —ocurrido el 24 de junio de 2026— a 17 kilómetros al oeste de Catia La Mar, estado La Guaira.

Validación de Deformación del Terreno: Cuantificación del desplazamiento cortical de superficie, detectando vectores de deformación horizontal dextral de hasta 60 cm hacia el oeste en la franja litoral de Catia La Mar, como se observa en la figura anterior. Este insumo confirmó el patrón de ruptura de la Falla de San Sebastián, lo que refuerza justamente la cuarta cascada de amenaza (Dislocación Geodésica) y problematiza la precisión de la cartografía por distorsión geodésica.

Plataforma Ciudadana y Preservación de la API "Mapa de Daños Venezuela": Se integró el backend de código abierto (api.terremotovenezuela.com) como motor de crowdsourcing georreferenciado. Ante un evento de vaciado crítico en la base de datos de origen el 30 de junio (en el que los registros activos colapsaron de 926 a 109 por causas no determinadas), la continuidad operativa de la serie cartográfica se garantizó mediante una copia de preservación mantenida de forma contigua desde el 25 de junio. Esta infraestructura ejecutó una regla de unión anti-regresión:

$$\text{Capa}_{\text{Final}} = \text{Capa}_{\text{Histórica}} \cup_{\text{id}} \text{Capa}_{\text{Live}}$$

Impidiendo la sobrescritura o supresión de datos y republicando la API abierta el 30 de junio a las 17:26 HLV. 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 (770 reportes con soporte fotográfico), con la mayor densidad espacial en Caracas (391 reportes) y Caraballeda (115 reportes). En escenarios desestructurados, la preservación activa de datos opera como una función directa de respuesta humanitaria y no como una mera tarea pasiva de archivo.

Programa de Respuesta ante Desastres (Esri Disaster Response): Consumo de geoservicios REST/ArcGIS Online para la incorporación en tiempo real de capas sobre escombros en vías, tramos viales bloqueados, puntos de Wi-Fi libre y la ubicación de pozos y llenaderos de agua para el soporte logístico (Esri, 2026).

Cartografía Base e Infraestructura Crítica: Ensamblaje de la red vial, la hidrografía y la huella edilicia mediante OpenStreetMap (OSM, 2026), Google Open Buildings (2023), datos de Ingeoland y el Marco Geodésico Nacional Activo del Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGVSB, 2026).

FASE 2: Flujo de Geoprocesamiento y Estandarización SIG

El procesamiento vectorial y ráster se realizó en los entornos QGIS 3.x y ArcGIS Pro, adoptando como sistema de referencia oficial la proyección UTM Zona 19N, Datum WGS84 (EPSG:32619). Se aplicó un protocolo de aseguramiento de calidad (QA/QC):

Filtrado Espacial: Reconciliación geométrica cruzada entre las coordenadas reportadas por *crowdsourcing* y la huella de las estructuras de Google Open Buildings frente a las imágenes post-evento. Se depuraron las entidades sin atributo de daño validado o con un error cuadrático medio (RMSE > 15 m).

Limpieza Topológica: Corrección de la capa vial y los polígonos de escombros mediante la eliminación de nodos colgados (*dangles*), intersecciones no divididas y geometrías superpuestas, garantizando el análisis de red para penetración y evacuación.

FASE 3: Adaptación Escalar, Malla Táctica y Trade-offs de Interoperabilidad

Ante el colapso del sistema eléctrico nacional, la pérdida de telecomunicaciones en la Zona 0 y la evacuación de sedes institucionales (incluyendo la oficina humanitaria de OCHA en Caracas), se descartó la impresión en trazadores de gran formato (*plotters*) e infraestructuras *cloud* pesadas:

Malla Táctica Unificada (Copernicus Grid): Se tomó como unidad base la cuadrícula ortogonal de 590 m \ 590 m definida inicialmente por la ESA para el litoral de La Guaira, extendiéndose sistemáticamente sobre los centros urbanos de Miranda, Carabobo y el Distrito Capital.

Escala Operativa de Contingencia (1:3.000): Se adaptó la salida cartográfica al formato A4. Aunque difiere de los estándares cartográficos nacionales tradicionales (Asamblea Nacional, 2000), equivale funcionalmente a los niveles de detalle urbano (1:2.500 / 1:5.000), lo que permite encuadrar exactamente una celda de 590 m por hoja, con una visualización clara de las parcelas y de los cuellos de botella por escombros.

Indexación y Nomenclatura Local: Cada celda fue codificada alfanuméricamente e indexada con la División Político-Territorial (DPT) oficial y toponimia comunitaria, agilizando la orientación de brigadistas sin formación SIG previa.

Trade-offs y Conflictos de Software: 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. Esto evidenció la necesidad crítica de priorizar flujos de trabajo basados en estándares abiertos (p. ej., QGIS, PyQGIS o Atlas) en futuras contingencias para garantizar la interoperabilidad sin barreras de licenciamiento.

FASE 4: Producción Cartográfica para Entornos Desconectados

Los productos de la Versión 8 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 por arreglos fotovoltaicos en los Centros de Operaciones de Emergencia (COE) y Puestos de Mando Avanzado.

FASE 5 Auditoría Técnica Post-Publicación, Incertidumbre Geodésica y Descargo de Alcance (Post-Hoc Peer Review)

La producción y distribución de los 526 mapas tácticos de la *Serie V8* se ejecutaron bajo una métrica de alta prioridad operacional (prontitud de respuesta) durante la fase crítica pos-sismo. En consecuencia, la cartografía fue puesta en circulación sin un proceso previo de recalibración geodésica de campo ni de ajuste fotogramétrico.

Con el objetivo de auditar la calidad del producto emitido, evaluar los sesgos métricos derivados de la deformación coseísta y sistematizar las lecciones aprendidas para futuras versiones, se estableció un proceso de consulta y evaluación técnica post-facto con especialistas académicos en geodesia, teledetección y cartografía entre los que se encuentran los profesores Douglas Bravo del Departamento de Ingeniería Geodésica y Agrimensura (DIGA) de la Escuela de Ingeniería Geodésica de la Universidad Central de Venezuela (DIGA-UCV) y Víctor Vilachá de la Universidad Simón Bolívar (USB), experto en Cartografía, SIG y miembro histórico de la

Sociedad Latinoamericana en Percepción Remota y Sistemas de Información Espacial (USB/SELPER).

3. Resultados

3.1. Productos Cartográficos y Capas Generadas

El flujo de geoprocesamiento, estandarización e integración de fuentes secundarias consolidó la Suite Cartográfica de Evaluación de Daños y Respuesta Rápida (de las versiones V1 a V8) en físico, para ser impresos. La Versión 8 (V8), emitida el 09 de julio de 2026, representó un hito analítico y operativo para el Voluntariado Técnico Universitario, ver figura 4. Este colectivo interinstitucional integró a especialistas del Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica y Modelado Ambiental de la Universidad Simón Bolívar (LSIGMA-USB), de la Universidad Central de Venezuela (UCV), de la Universidad de Oriente (UDO), de la Universidad de Carolina del Norte en Chapel Hill (UNC-CH) y de la Oficina de las Naciones Unidas para la Coordinación de Asuntos Humanitarios (OCHA).



Figura 4. Mapa táctico del sector B44 – El Caribe. Versión V1 (28 de junio de 2026)

La evolución geomática entre la versión exploratoria inicial (V1) y la V8 permitió transitar de una respuesta desarticulada a un empaquetado territorial sistemático. La V8 alcanzó una producción consolidada de 526 mapas tácticos sectorizados a escala de excepción 1:3.000, que cubren 12 núcleos urbanos críticos en 6 entidades federativas severamente afectadas por la secuencia telúrica, ver figura 5.



Figura 5. Flujo de trabajo geomático y estructura de empaquetado territorial de la Cartografía de respuesta rápida para la Gestión de Emergencias y Desastres V8 (09/07/2026)

3.2. Balance Operativo de Cobertura Cartográfica

En consonancia con el principio de "Resiliencia", la cartografía impresa en papel de la serie V8 constó de 526 archivos PDF en formato A4/Carta (300 DPI). Este diseño garantizó la reproducibilidad analógica descentralizada mediante impresoras convencionales alimentadas por sistemas fotovoltaicos y generadores portátiles en los Centros de Operaciones de Emergencia (COE) y Puestos de Mando Avanzado (véanse las figuras 6 y 7).



Figura 7. Cobertura geográfica y balance cuantitativo de productos cartográficos impresos en formato A4 por entidad federativa (Serie V8, emisión 09/07/2026).

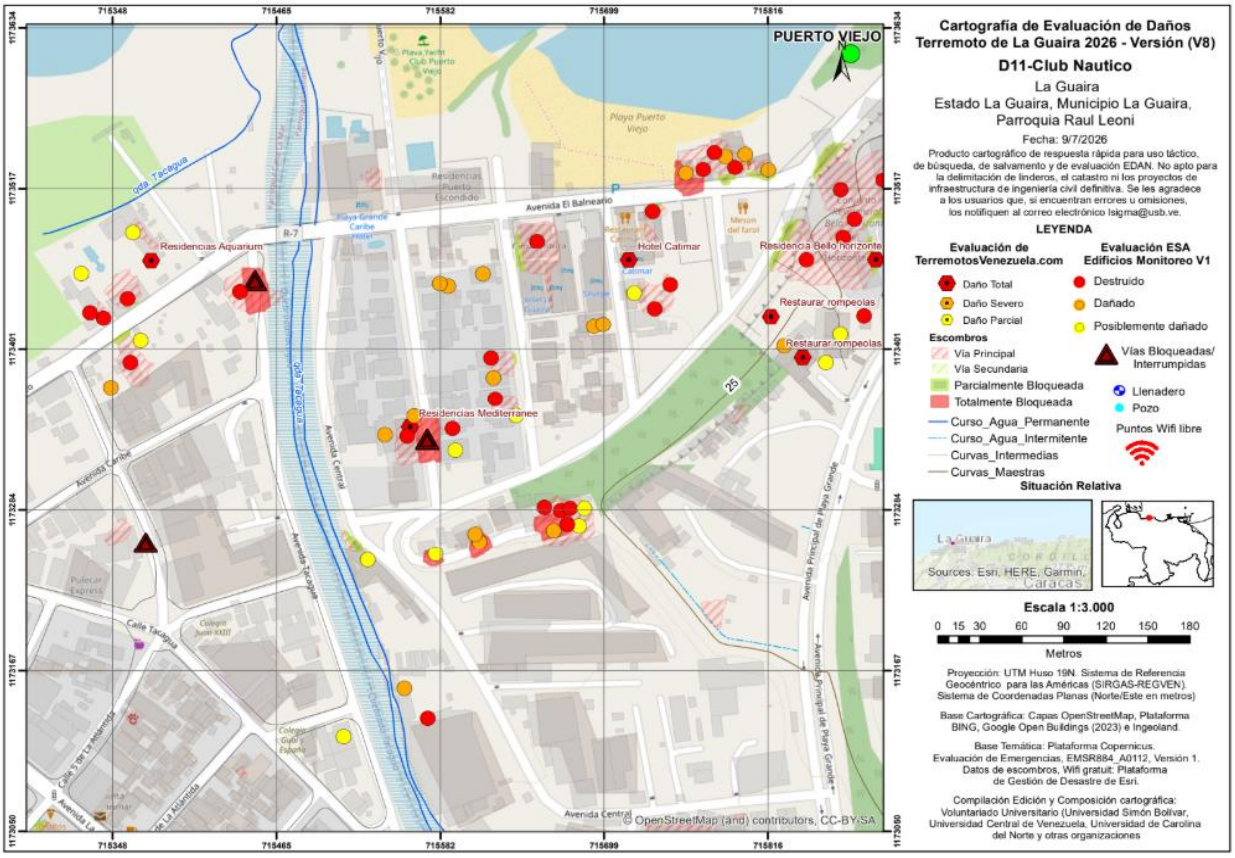


Figura 6. Mapa táctico del sector D11 – Club Náutico. Versión V8 (09 de julio de 2026)

3.3. Validación del Valor de Prontitud vs. Estandarización (Prof. Víctor Vilachá — USB/SELPER)

La evaluación post-publicación confirmó que la escala 1:3.000 no constituye una escala normalizada dentro de la norma urbana e institucional venezolana (la cual salta reglamentariamente de 1:5.000 a 1:2.500 o 1:1.000 según la Ley de Geografía, Cartografía y Catastro Nacional).

Se determinó que el valor primario del producto radicó en su oportunidad de entrega (prontitud), criterio metodológico avalado por la comunidad de teledetección en emergencias (SELPER). La escala 1:3.000 se reconoció como una solución pragmática no estandarizada que permitió encajar la cuadrícula operacional de 590 m x 590 m de Copernicus EMS en formato A4 para su reproducción en plantas fotovoltaicas portátiles.

La revisión técnica post-despliegue analizó el impacto del desplazamiento horizontal coseísta de hasta 60 cm (detectado mediante InSAR de NISAR-JPL) sobre las capas vectoriales base (IGVSB, 2016; OSM, 2026). La consulta permitió precisar 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. Si bien esta discrepancia es irrelevante para la navegación táctica y la asignación de cuadrantes ASR Nivel 2 (USAR), impide el uso de esta serie para fines catastrales o de deslinde legal de parcelas.

3.4. Diseminación Digital y Descargo de Responsabilidad Táctica (*Disclaimer*)

Para garantizar el acceso asíncrono en zonas con conectividad intermitente, los productos se articularon bajo una infraestructura dual de distribución:

Repositorio Dinámico Centralizado: Durante la fase de contingencia, la distribución operativa se articuló mediante un directorio en la nube (Google Drive) jerarquizado por entidad federativa y núcleo urbano, que permitió a los nodos de respuesta locales e internacionales descargar selectivamente paquetes en formato PDF sin necesidad de transferir la serie completa. Esta vía se conserva como acceso operativo; la referencia permanente y citable del conjunto de datos:

González Rojas, Carlos Enrique; Ugas, Laura; Rincón, Ignacio; Cisneros, Ligia; Contreras Gaspar, Rommel José; Ascanio, Alfredo, 2026, "Serie Cartográfica de Respuesta Rápida V8 Terremoto de La Guaira 24J (Venezuela, 2026): 526 mapas tácticos a escala 1:3.000 sobre malla Copernicus de 590 m", https://doi.org/10.7910/DVN/WJENQ9, Harvard Dataverse, V1

Descargo de Responsabilidad Táctica (*Disclaimer*): Cada hoja cartográfica impresa y paquete digital incluye de forma explícita la siguiente cláusula de uso condicionado:

"La suite cartográfica V8 constituye un recurso de respuesta rápida para uso exclusivo en operaciones de Búsqueda y Salvamento Urbano (USAR), Evaluación de Daños y Necesidades (EDAN) y logística humanitaria en fase de contingencia. Este producto no posee validez legal ni técnica para la delimitación de linderos, el catastro municipal, el ordenamiento territorial ni los proyectos definitivos de ingeniería civil."

4. Conclusiones

Gobernanza Distribuida y Capacidad Adaptativa del Voluntariado: La respuesta técnico-académica (LSIGMA-USB, UCV, UDO, UNC-CH) demostró que el voluntariado universitario actúa como un nodo de procesamiento geométrico crítico ante la parálisis institucional inicial. Esta red autogestionada transformó datos heterogéneos en 526 mapas tácticos sectorizados en un tiempo récord.

Paradigma de la "Resiliencia en Papel": En escenarios de colapso eléctrico masivo y de degradación de las telecomunicaciones (LTE/5G), la cartografía en la nube resulta inoperante en primera línea. La adopción de la escala de excepción 1:3.000 en formato análogo Carta/A4 validó que el producto impreso es el único insumo que garantiza la continuidad de las operaciones de Búsqueda y Rescate Urbano (USAR) e inspección de Evaluación de daños y Análisis de Necesidades (EDAN).

Preservación Activa como Función de Respuesta Humanitaria: La falla en la base de datos primaria de crowdsourcing el 30 de junio demostró que la conservación activa (mediante un servidor espejo y reglas de unión antirregresión) no constituye un archivo pasivo, sino una función directa de respuesta. Sin este mecanismo, la componente ciudadana de la Serie V8 habría perdido más del 88% de sus registros georreferenciados.

Interoperabilidad Mediante Fuentes Secundarias: La integración de servicios globales (Copernicus EMS, Esri DR) y nacionales (SIGEOS-FUNVISIS, TerremotoVenezuela) demostró que la estandarización de atributos bajo los esquemas OCHA/INSARAG suplió la ausencia de levantamientos primarios en las primeras 72 horas del evento.

Sinergia Estado-Academia: Se evidenció una brecha entre la recopilación de datos por parte de los entes gubernamentales y la velocidad de su procesamiento analítico. La articulación entre el sector universitario y las instituciones públicas es el único mecanismo capaz de acelerar la toma de decisiones en el Centro de Operaciones de Emergencia (COE).

5. Recomendaciones

Institucionalización del Voluntariado Técnico Universitario: Crear protocolos de respuesta entre el Ministerio con competencia en Gestión de Riesgos, Protección Civil y las universidades nacionales para activar

automáticamente al personal docente e investigador en geomática dentro de la estructura EDAN/USAR desde las primeras 6 horas post-evento.

Despliegue de Arquitecturas de Datos Espaciales (IDE) Contingentes: Normar la duplicación automatizada (mirroring) y descentralizada de las plataformas de reporte ciudadano con protocolos antirregresión para evitar la pérdida irrecuperable de información geoespacial crítica.

Capacitación en Mallas Tácticas Unificadas: Formación para cuerpos de bomberos y Protección Civil y Grupos de Rescate sobre el uso del Grid Copernicus (590 m x 590 m) y la navegación en escalas urbanas de excepción (1:3.000) operando mediante radiofrecuencia (VHF/UHF).

Utilización de Estándares de Software Libre (FOSS): Reemplazar la dependencia Software por estándares de software libre. Lo que eliminará las restricciones derivadas del licenciamiento y garantizará la interoperabilidad técnica entre las instituciones nacionales y las agencias internacionales.

6. Referencias

Asamblea Nacional de la República Bolivariana de Venezuela. (2000, 28 de julio). Ley de Geografía, Cartografía y Catastro Nacional. *Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela*, N.º 37.002.

ESA Copernicus EMS. (2026). *On-Demand Rapid Mapping Activation EMSR884: June 2026 Earthquake in Venezuela*. European Space Agency / DG ECHO. https://mapping.emergency.copernicus.eu/activations/EMSR884/

Esri Disaster Response Program. (2026). Venezuela Earthquake Emergency Geoservices: Real-time logistics, road blockages and infrastructure layers [Conjunto de datos vectoriales REST]. Esri.

Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas. (2026). Informe técnico sismológico N.º 04-2026: Secuencia coseísta del sistema de fallas Boconó–San Sebastián–El Pilar (Eventos Mw 7.2 y 7.5 San Felipe/Yumare). FUNVISIS.

Geotechnical Extreme Events Reconnaissance Association. (2026). Geotechnical and surface rupture mapping of the June 2026 Venezuela earthquake sequence (GEER Report No. 082). GEER Association.

Google Open Buildings. (2023). Large-scale mapping of building footprints using high-resolution satellite imagery (Dataset V3). Google Research.

Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar. (2026). *Diagnóstico del estado del Marco Geodésico Nacional Activo (SIRGAS-REGVEN) y afectación de vértices de primer y segundo orden*. IGVSB.

Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio. (2026). Dónde se desplazó la superficie terrestre por los terremotos de Venezuela. National Aeronautics and Space Administration (NASA). fecha 13/07/2026. Enlace: https://ciencia.nasa.gov/ciencias-terrestres/donde-se-desplazo-la-superficie-terrestre-por-los-terremotos-de-venezuela/

Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres. (2025). Usuarios de información espacial en la gestión del riesgo de desastres y la respuesta a emergencias. https://www.undrr.org/es

OpenStreetMap contributors. (2026). *Planet dump: Vector layers of road networks and urban features in North-Central Venezuela* [Base de datos vectorial]. OpenStreetMap Foundation. https://www.openstreetmap.org

Paton, D., & Johnston, D. (2001). Disasters and communities: vulnerability, resilience and preparedness. *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, 10(4), 270–277. https://doi.org/10.1108/09653560110404252

Plataforma Vantor. (2026). https://vantor.com/

Red Colaborativa de Respuesta Sísmica. (2026). *API Abierta y Base de Datos Preservada de Reportes de Daños del Evento 24J* [Conjunto de datos crowdsourcing y registro fotográfico]. TerremotoVenezuela / Espejo de Preservación de Datos Contingentes.

United States Geological Survey. (2026). *M 7.5 - 12 km ESE of Yumare, Venezuela: ShakeMap, PAGER and secondary ground failure estimates* (USGS Event Page us2026vnez). USGS.

Enlaces a instituciones

ESA-UE. https://www.esa.int/
NASA. https://www.nasa.gov/
COPERNICUS. https://emergency.copernicus.eu/
FUNVISIS. http://www.funvisis.gob.ve/index.php
IGVSB. https://igvsb.gob.ve/
VANTOR: https://vantor.com › product › platform › hub