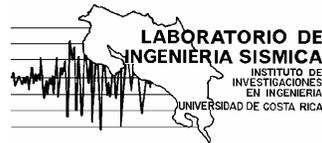


LABORATORIO DE INGENIERÍA SÍSMICA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA



SISMO DE BURICA ($M_w=6,2$)
30 DE JULIO DEL 2002

Autores:

Geól. Lepolt Linkimer A ⁽¹⁾, Ing. Víctor Schmidt D ⁽¹⁾, Geól. Ileana Boschini L ⁽²⁾

Colaboración de:

Geól. Wilfredo Rojas Q. ⁽³⁾

Asistente

Christopher Quirós ⁽¹⁾

Mantenimiento de los acelerógrafos:

Téc. Carlos Segura V. ⁽¹⁾

(1) Laboratorio de Ingeniería Sísmica, INII, Universidad de Costa Rica. Tel: 253-73-31, Fax: 224-26-19.
Apdo. 36-2060, San José, CR.

(2) Área de Amenazas y Auscultación Sismo-Volcánica, Instituto Costarricense de Electricidad, ICE.
Tel: 220-62-79. Fax: 220-8212. Apdo. 10032-1000, San José, CR.

(3) Red Sismológica Nacional, Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica.
Tel: 207-253-25-86, Fax: 253-84-07. Apdo. 214-2060, San José, CR.

Setiembre, 2002

CONTENIDO

Contenido	i
Introducción	1
Contexto tectónico de la zona sureste de Costa Rica	1
Sismicidad histórica	1
Sismo de Burica, 30 de julio del 2002	3
Aceleraciones registradas	12
Conclusiones	16
Agradecimientos	17
Contactos	17
Referencias	17

INTRODUCCIÓN

El 30 de julio del 2002, un fuerte sismo (6,2 Mw) sacudió la región fronteriza entre Costa Rica y Panamá. El temblor fue originado en la denominada Zona de Fractura de Panamá (ZFP) que constituye el límite entre las placas del Coco y Nazca.

El sismo fue registrado en 10 estaciones del Laboratorio de Ingeniería Sísmica (LIS). La aceleración máxima registrada fue de 3,2 % de g en la estación Golfito (GLF) ubicada a 86 km del epicentro. En la mayoría de los casos, la aceleración obtenida en la componente vertical es aproximadamente la mitad de la componente horizontal máxima.

La intensidad máxima generada por el evento fue VII en la ciudad panameña de Puerto Armuelles y en la península de Burica. Como consecuencia del sismo, ocurrió el colapso de al menos 12 viviendas localizadas en poblados fronterizos entre Costa Rica y Panamá. También causó serios daños al muelle fiscal de Puerto Armuelles y pérdidas al comercio de esta región, principalmente debido a la caída de mercadería.

CONTEXTO TECTÓNICO DE LA ZONA SURESTE DE COSTA RICA

La tectónica actual del sureste de Costa Rica está definida principalmente por el proceso de subducción de la placa del Coco bajo la placa Caribe. En esta región, este proceso se ve afectado por la subducción de la corteza oceánica engrosada de la cordillera submarina del Coco y por la cercanía de la Zona de Fractura de Panamá (ZFP) que representa el límite entre las placas del Coco y Nazca. Además, sobre la placa Caribe, existe una gran cantidad de fallas activas, algunas de las cuales alcanzan longitudes mayores de 100 km. Este complicado escenario tectónico es el responsable de la alta sismicidad que caracteriza la zona sureste de Costa Rica y oeste de Panamá.

La ZFP es una falla transformante de tipo dextral que constituye el límite entre las placas del Coco y Nazca. La Zona de Fractura de Panamá corresponde con una franja que presenta actividad sísmica poco profunda que se extiende desde la dorsal de Costa Rica, cerca de los 3° latitud norte, hasta más allá de los 6° norte y entre los 82 y 83° de longitud oeste. Al norte del paralelo 5°, la ZFP se despliega en una serie de fallas transcurrentes dextrales con dirección norte-sur. Las más prominentes de estas fallas son las denominadas Panamá, Balboas, Mykland y Coiba (Camacho, 1991).

SISMICIDAD HISTÓRICA

El Cuadro 1 muestra la fecha y la magnitud de los sismos más importantes que han ocurrido durante el último siglo en la zona sureste de Costa Rica y oeste de Panamá. La Figura 1 muestra la distribución de los epicentros de estos sismos en la región.

Cuadro 2: Fecha y magnitud de los sismos más importantes que han ocurrido durante el último siglo en el sureste de Costa Rica y oeste de Panamá (Arroyo, 2001).

Num	Fecha	Nombre	Ms	Origen
1	20 de diciembre de 1904	Terremoto de Golfito	7,1	Subducción ¿?
2	21 de noviembre de 1933		6,0	ZFP
3	18 de julio de 1934	Terremoto de Puerto Armuelles	7,6	ZFP
4	18 de julio de 1934	Réplica del terremoto de Armuelles	6,5	Falla Media
5	18 de julio de 1934	Réplica del terremoto de Armuelles	6,0	ZFP
6	18 de julio de 1934	Réplica del terremoto de Armuelles	6,0	ZFP
7	18 de julio de 1934	Réplica del terremoto de Armuelles	6,9	ZFP
8	21 de julio de 1934	Réplica del terremoto de Armuelles	6,7	Falla Canoas ¿?
9	21 de julio de 1934	Réplica del terremoto de Armuelles	6,0	Falla Media
10	5 de diciembre de 1941	Terremoto de Puerto Cortés	7,3	Subducción
11	3 de junio de 1945		7,0	Subducción
12	18 de agosto de 1949		6,5	
13	8 de abril de 1957		6,3	ZFP
14	12 de marzo de 1962		6,8	
15	1 de julio de 1979	Terremoto de Puerto Armuelles	6,4	Subducción
16	3 de abril de 1983	Terremoto de Golfito o Sábado Santo	7,3	Subducción
17	19 de agosto de 1982		6,4	ZFP
18	30 de julio del 2002	Sismo de Burica	6,2 Mw	ZFP

Ms, Magnitud determinada con base en las ondas superficiales, Mw: Magnitud determinada con base en el momento sísmico

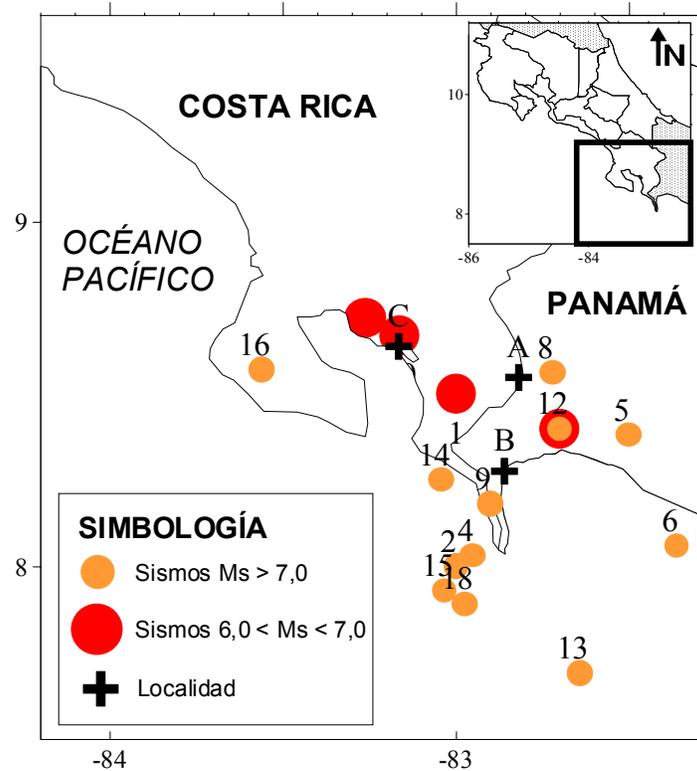


Figura 1: Epicentros de los terremotos que han ocurrido en la región sureste de Costa Rica y suroeste de Panamá durante el último siglo. Las cruces representan siguientes localidades: A. Paso Canoas, B Puerto Armuelles, C Golfito. Los números corresponden con los sismos del Cuadro 1.

Durante el último siglo, por lo menos 11 sismos con magnitud $\geq 6,0$ han sido asociados a la ZFP. El sismo más destructivo fue el terremoto de Puerto Armuelles de julio de 1934. Este sismo (7,6 Ms) fue seguido por 4 fuertes réplicas el mismo día del terremoto, con magnitudes entre 6,0 y 6,9. El 21 de julio de 1934 ocurrieron otros dos fuertes sismos, uno de las cuales (6,7 Ms) fue particularmente destructivo en zonas aluviales, ocasionando la aparición de grietas de varios centímetros de ancho (Camacho, 1991).

SISMO DE BURICA, 30 DE JULIO DEL 2002

El 30 de julio del 2002 a las 6:16 p.m. (31 de julio a las 00:16 GMT), ocurrió el evento principal de la secuencia sísmica de Burica. El cuadro 1 muestra las características macrosísmicas de este sismo.

Cuadro 2: Características macrosísmica del sismo de Burica (Fuente RSN).

Fecha	31 de julio del 2002
Hora GMT	00:16
Hora Local	18:16 del 30 de julio del 2002
Coordenadas	7,891 N y 82,973 W
Magnitud	6,2 M_w , 5,9 m_b
Profundidad	4,2 km
Ubicación	20 km sureste de Punta Burica

El evento principal fue seguido por gran cantidad de réplicas, muchas de las cuales fueron sentidas fuerte en la zona epicentral. Las dos más importantes ocurrieron los días 3 y 8 de agosto del 2002 y tuvieron magnitudes de 5,9 (M_w) y 5,7 (M_L), respectivamente.

Las intensidades generadas por el sismo de Burica, se muestran en el mapa preliminar de isosistas de la figura 2. Se realizaron entrevistas en 87 localidades los días 3 y 8 de agosto del 2002, en cada una de las cuales se asignó un valor de intensidad en la escala Mercalli Modificada (MM). Con estos datos se dibujaron curvas de igual intensidad (isosistas) utilizando el programa Surfer 6,1 (*Surface Mapping System*). Se utilizó un método de interpolación llamado Kriging, el cual es un método muy flexible para realizar contornos a partir de datos irregularmente espaciados (como ocurren con los datos de intensidades).

El mapa mostrado es muy similar al obtenido realizando una interpolación manual, por lo que el programa Surfer puede ser usado para tener una apreciación rápida y preliminar de las distribución de intensidades producida por un evento sísmico.

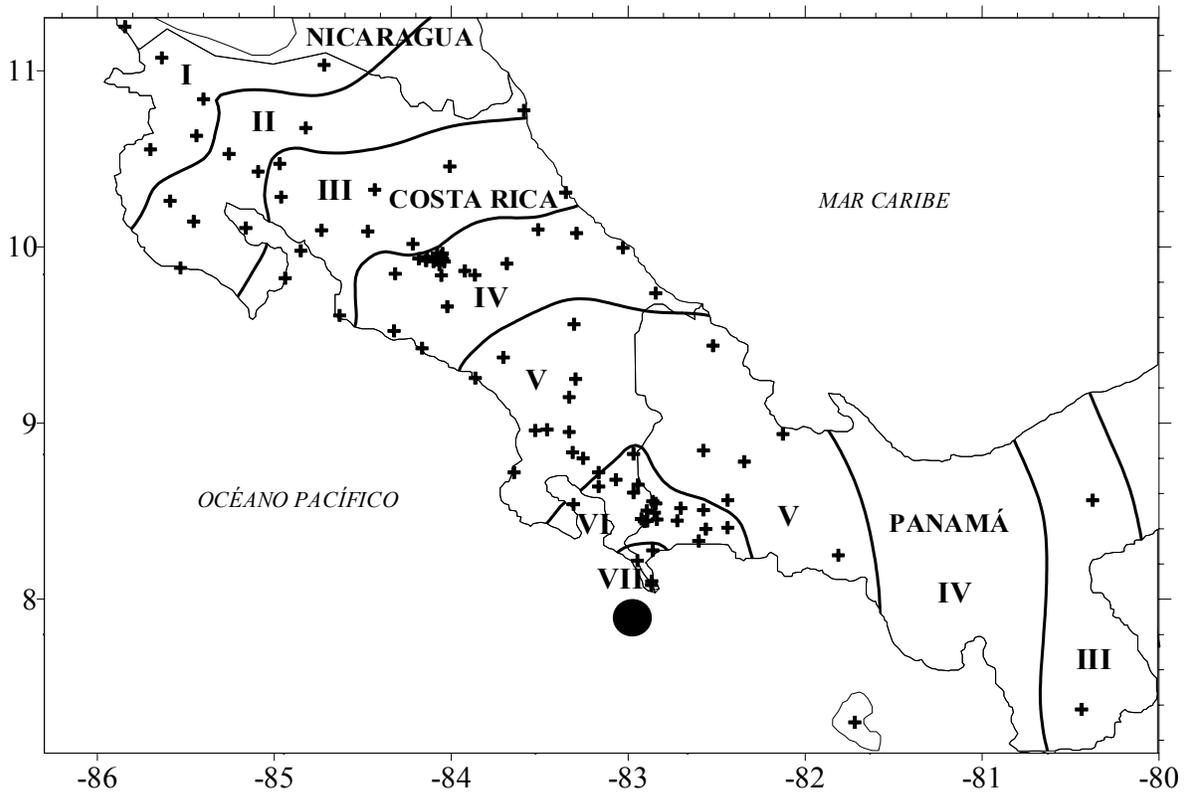


Figura 2: Mapa preliminar de isotas del sismo del 30 de julio del 2002, realizado usando el programa Surfer 6,1. Las cruces numeradas representan las localidades con dato de intensidad (Cuadro 2).

El evento sísmico fue sentido en casi todo el territorio costarricense y en el oeste de Panamá. Generó intensidades máximas de VII (MM) en las poblaciones de Puerto Limones, Las Peñas, Baco y Puerto Armuelles, localizadas en la península de Burica. En total, el sismo originó ocho heridos (tres heridos en Panamá y cinco en Costa Rica), la mayoría de los cuales presentaban golpes leves y fracturas en sus extremidades.

En Puerto Armuelles el sismo ocasionó severos daños en el antiguo muelle bananero (Fig. 3). Además, produjo el colapso de muros mampostería (Fig. 4) y de varias viviendas de madera y de zócalo de mampostería. Otras casas fueron desalojadas por presentar severos daños estructurales. En muchas otras viviendas de mampostería se observaron grietas superficiales en los repellos (Fig. 5).

En el centro de Puerto Armuelles, los locales comerciales sufrieron la caída de sus mercancías y ruptura de los vidrios de las ventanas. En un edificio nuevo de mampostería (Banco del Istmo) se cayó el repello de una pared exterior y se quebraron los vidrios de las ventanas (Fig. 6). En la zona costera se observaron grietas, de 2 a 3 metros de longitud y 1 a 2 mm de ancho, en las arenas ubicadas detrás del rompeolas.

En Finca Balsa, una localidad panameña ubicada cerca de la frontera con Costa Rica, ocurrió el colapso de 7 viviendas de madera construidas sobre basas. En Laurel y Peral 3 casas de madera asentadas sobre basas colapsaron (Fig. 7 a 11).

Todas las estructuras que colapsaron o sufrieron serios daños se encontraban en mal estado antes del sismo, debido a la mala concepción del diseño, deficientes materiales de construcción o a una combinación de estos tres factores. En estructuras de madera aisladas del suelo por elementos verticales, se evidenció la ausencia de arriostres en “X” los cuales hubieran evitado su colapso (Fig. 11). En varios casos la madera que formaba algún elemento estructural se encontraba en proceso de putrefacción, lo que provocó que la estructura perdiera totalmente su resistencia. Para el caso de viviendas construidas en mampostería, se observó la insuficiente o ausencia total de refuerzo de acero (Fig. 4), además de serios errores constructivos de: vigas cargador, vigas corona y la formación de mochetas, entre otros (Fig. 12). Casos de estructuras no dañadas se observaron en las figuras 13 y 14.

En las localidades panameñas de Progreso, La Concepción, David y Divalá, y en las costarricenses de La Cuesta, Paso Canoas, Ciudad Neilly, Golfito, Puerto Jiménez, Río Claro y San Vito, la sacudida causada por el sismo fue fuerte y provocó la caída de objetos en locales comerciales y viviendas, sin causar daños a ningún tipo de estructuras.

Los hospitales de David y de Puerto Armuelles fueron evacuados como medida preventiva inmediatamente después de la ocurrencia del sismo principal. Luego de la evaluación por parte de los ingenieros, se decidió utilizarlos de nuevo pues no representaban ningún peligro para sus ocupantes. Se reportó la formación grietas superficiales en las paredes del hospital de David. Igualmente, en Ciudad Neilly se reportó que en el hospital se generaron fisuras en el pabellón de Emergencias, sin representar riesgo para el inmueble.

El sismo fue sentido débilmente en localidades ubicadas a más de 350 km del epicentro, como: Sámara, Tilarán, Cañas, San Rafael de Guatuso, Nicoya, Bagaces, Santa Cruz y Canalete de Upala. En la Cruz, Liberia, San Juan del Sur (Nicaragua) y Ciudad Panamá, ubicados todos a más de 400 km del epicentro, el sismo no fue percibido.

Cuadro 3: Intensidades (MM) generadas por el sismo de Burica, del 30 de julio del 2002.

Num	Localidades	Dist	Int	Descripción
1	Baco (PAN)	24.0	VII	Dificultad en mantenerse en pie. Objetos colgantes se movían violentamente, caída de objetos pequeños. Muebles (incluso pesados) se corrieron o volcaron, Algunas ventanas se rompieron. Colapso de viviendas de madera en mal estado. Grietas en repellos de estructuras de mampostería.
2	Puerto Limones (PAN)	26.3	VII	
3	Las Peñas (CR)	36.6	VII	
4	Puerto Armuelles (PAN)	44.7	VII	
5	Laurel (CR)	61.6	VI	Sentido por todas las personas. Muchos con pánico. Dificultad en caminar establemente. Grietas pequeñas en repellos de algunas estructuras de mampostería. Objetos colgantes se movieron violentamente. Objetos pequeños se corrieron o volcaron (especialmente en tiendas y supermercados)
6	Peral (CR)	62.2	VI	
7	Caucho (CR)	63.0	VI	
8	Palo Grande (PAN)	63.8	VI	
9	Progreso (PAN)	64.2	VI	
10	Divalá (PAN)	67.6	VI	
11	La Cuesta (CR)	68.1	VI	
12	La Palma de Paso Canoas (CR)	68.6	VI	
13	Alanje (PAN)	72.4	VI	
14	Paso Canoas (CR)	74.0	VI	
15	Urbanización Paso Canoas, Darizara (CR)	74.9	VI	
16	Santa Marta Norte (PAN)	75.7	VI	
17	Finca 47 (CR)	79.5	VI	
18	Puerto Jiménez (CR)	80.9	VI	
19	La Concepción (PAN)	81.3	VI	
20	David (PAN)	82.2	VI	
21	Ciudad Neily (CR)	84.5	VI	
22	Golfito (CR)	86.0	VI	
23	Río Claro (CR)	88.2	VI	
24	Villa Briceño (CR)	94.6	VI	
25	San Vito de Coto Brus (CR)	103.9	VI	
26	Chacarita (CR)	105.7	V	Sentido por todas las personas, incluso aquellas que se encontraban en movimiento. Los objetos colgantes se movieron fuertemente. Algunos objetos livianos fueron desplazados.
27	Finca Puntarenas (CR)	111.3	V	
28	Hato Volcán (PAN)	114.7	V	
29	Drake (CR)	118.1	V	
30	Cajón de Boruca (CR)	124.2	V	
31	Palmar Norte (CR)	130.6	V	
32	Ciudad Cortés (CR)	133.3	V	
33	Remedios (PAN)	133.9	V	
34	Isla de Coiba (PAN)	135.1	V	
35	Sector de las bombas, Buenos Aires (CR)	145.2	V	
36	Chiriquí Grande (PAN)	149.1	V	
37	Ujarrás de Buenos Aires (CR)	155.3	V	
38	Changuinola (PAN)	179.2	V	
39	Dominical (CR)	180.6	V	
40	San Isidro de El General (CR)	183.4	V	
41	Río Telire (CR)	189.3	V	
42	Cahuita (CR)	205.8	IV-V	

Num	Localidades	Dist	Int	Descripción	
43	Quepos (CR)	215.1	IV	Sentido por casi todas las personas. Objetos colgantes oscilaban fuertemente. Puertas se tambaleaban.	
44	San Marcos de Tarrazú (CR)	228.1	IV		
45	Limón (CR)	234.0	IV		
46	Parrita (CR)	234.5	IV		
47	Turrialba (CR)	237.2	IV		
48	Paraíso (CR)	237.9	IV		
49	Cartago (CR)	243.0	IV		
50	San Miguel de Matina (CR)	245.7	IV		
51	Siquirres (CR)	252.4	III-IV		
52	Desamparados (CR)	253.7	IV		
53	San Pedro de Montes de Oca (CR)	255.8	IV		
54	Barrio Amón (CR)	257.7	IV		
55	Moravia (CR)	259.0	III-IV		
56	Escazú (CR)	259.8	III-IV		
57	Tibás (CR)	260.5	III-IV		
58	Pavas (CR)	261.5	III-IV		
59	Puriscal (CR)	262.9	IV		
60	Santa Ana (CR)	263.2	III-IV		
61	Jacó (CR)	264.1	III		Personas que se encontraban caminando no lo sintieron. Objetos colgantes oscilaban levemente.
62	Parismina (CR)	272.0	III		
63	Alajuela (CR)	273.0	III		
64	Tonosí (PAN)	285.3	III		
65	Penonomé (PAN)	295.5	III		
66	Paquera (CR)	304.6	III		
67	Puerto Viejo de Sarapiquí (CR)	307.1	III		
68	Puntarenas (CR)	310.5	III		
69	Miramar de Montes de Oro (CR)	312.1	III		
70	Ciudad Quesada (CR)	314.5	III		
71	Barra del Colorado (CR)	327.7	II-III		
72	Las Juntas de Abangares (CR)	344.1	III	Sentido sólo por aquellos que se encontraban sentados o acostados.	
73	Isla de Chira (CR)	344.2	II		
74	Sámara (CR)	357.6	II		
75	Tilarán (CR)	361.1	III		
76	Cañas (CR)	365.6	II		
77	San Rafael de Guatuso (CR)	370.2	II		
78	Nicoya (CR)	370.3	II		
79	Bagaces (CR)	385.7	II	No fue sentido	
80	Santa Cruz (CR)	389.8	II		
81	Los Chiles (CR)	398.3	I		
82	Ciudad Panamá (PAN)	404.7	I		
83	Liberia (CR)	407.5	I		
84	Playas del Coco (CR)	420.9	I		
85	Canalete de Upala (CR)	422.3	I-II		
86	La Cruz (CR)	458.8	I		
87	San Juan del Sur (NIC)	488.5	I		

Dist: distancia epicentral en km, **Int:** Intensidad en la escala Mercalli Modificada, **CR:** Costa Rica; **PAN:** Panamá, **NIC:** Nicaragua.



Figura 3: Daños en el muelle de la ciudad de Puerto Armuelles en Panamá debido al movimiento de uno de los marcos metálicos que lo forman por asentamiento del suelo. Nótese la interrupción sufrida por la superficie de acceso a la zona de carga, formada por piezas de madera.



Figura 4: Colapso total de muros y paredes de mampostería en la localidad de Puerto Armuelles en Panamá. Obsérvese la ausencia de refuerzo proporcionado por varillas verticales y longitudinales de acero, lo que imposibilita al sistema constructivo a resistir fuerzas laterales y lo convierte además en una estructura sumamente frágil.



Figura 5: Grieta vertical en el repello de una estructura de mampostería. Se observan también grietas horizontales más pequeñas, sin embargo, son superficiales y no dañaron los bloques que forman la pared.



Figura 6: Daños en el repello de un edificio nuevo de mampostería construido en Puerto Armuelles, debido probablemente al golpe entre el muro repellado y la estructura superior.



Figura 7: Vivienda en proceso de desmantelamiento construida en madera, en Laurel de Corredores. La falla principal se produjo en las bases de madera que soportan la estructura y que la aíslan del suelo. Estas bases no estaban arriostradas en forma de “X” y al estar en contacto con la humedad del suelo, generalmente las piezas de madera se encontraban en proceso de pudrición.



Figura 8: Vivienda de madera colapsada en Peral. El colapso total de la estructura fue causado por las fallas en sus bases. Se observa además la inclinación de los postes del tendido eléctrico y telefónico, debido al empuje de la casa colapsada.



Figura 9: Detalle del colapso de las bases de madera de una vivienda, en Peral. Nótese la ausencia de elementos en “X” entre los verticales que hubieran permitido que las bases fueran capaces de resistir las fuerzas horizontales debidas al sismo. Obsérvese el estado de pudrición de la madera justo en las uniones a las bases de concreto, donde se transmiten las cargas por medio de un único cabo de varilla de acero. Nótese el desplazamiento en diagonal de casi 1.5 metros que sufrió la estructura.



Figura 10: Colapso de vivienda de madera en Peral por falla en sus bases. Generalmente en estos casos la estructura se desplaza como una unidad hacia un lado y cae, por lo que los demás elementos que la forman se mantienen sin grandes daños.



Figura 11: Detalle de estructura colapsada en Peral, debido a fallas en sus bases por diseño inadecuado y por obsolescencia de la madera.



Figura 12: A pesar de que esta estructura no sufrió daños aparentes, obsérvese la inadecuada concepción del sistema constructivo de mampostería: inexistencia de viga corona chorreada en sitio donde se debería anclar el refuerzo vertical de la pared y proporcionar el amarre de las paredes perpendiculares, incorrecta construcción de viga cargador sobre la ventana y mala alineación de los bloques. Localidad: Balsa.



Figura 13: Estructura de madera ubicada en Peral cuyo cerramiento es de ese mismo material. Se observa que, pese a lo deteriorado en que se encuentran las piezas de madera que forman el cerramiento, la estructura soportó adecuadamente el sismo. Se observa una buena concepción estructural principalmente porque en el piso inferior se evita su excesiva flexibilidad con elementos verticales, diagonales y horizontales que forman la pared e impiden gran desplazamientos de este nivel.



Figura 14: Estructuras en Puerto Armuelles que no sufrieron daños, debido a que son construidas en mampostería, madera o una mezcla de ambos sistemas constructivos. Su estabilidad se debe a una buena estructuración y a la sustitución, en los casos de madera, de un piso sumamente flexible formado por bases de madera sin arriostrar, por estructuras de mampostería que evitan la caída del piso superior.

ACELERACIONES REGISTRADAS

El sismo de Burica fue registrado por nueve estaciones de la red acelerográfica del LIS (Fig. 15). Estas son: Alajuela (ALJ), Quepos (CBQ), Ciudad de los Niños (CDN), Frailes (FRA), Golfito (GLF), San Isidro (ISD), Recope El Alto (RAL), Recope Monín (RMO) Y San Luis Gonzaga (SLG).

El cuadro 4 presenta las principales características de las estaciones que registraron el sismo. El cuadro 5 muestra las aceleraciones máximas (PGA) para cinco de las estaciones consideradas. Se estimó además la aceleración pico a partir de las relaciones de atenuación propuestas por Schmidt *et. al.* (1997) y se observa muy buena correlación respecto a las aceleraciones registradas en la componente E–W, excepto en las estaciones ALJ y FRA que son dos casos particulares y que se comentarán más adelante.

Se tiene una duración promedio de los registros de 50 s, que es usualmente larga y debida probablemente a lo lejano del sismo (ver anexo 1 las formas de onda). En este sentido llama la atención tener registros tan lejanos (hasta casi 270 km) para un sismo cuyo foco es bastante superficial (poco más de 4 km).

Cuadro 4: Características de las estaciones del LIS que registraron el sismo del 30 de julio del 2002.

Estación	Acelerógrafo	Localidad	Tipo de edificio	Tipo de suelo
CBQ	ETNA, digital Triaxial	Cuerpo de bomberos de Quepos	Mampostería, dos plantas	Roca (basaltos)
GLF	ETNA, digital Triaxial	Hospital de Golfito	Madera y mampostería, dos plantas	Roca (basaltos)
ISD	SSA-2, digital Triaxial	Sucursal INS, San Isidro del General	Mampostería, una planta	Blando (coluvio-aluvial)
RMO	ETNA, digital Triaxial	RECOPE, plantel de Moín	Caseta de mampostería	Blando (aluvial)
SLG	ETNA, digital Triaxial	Colegio San Luis Gonzaga, Cartago	Mampostería, una planta	Blando (coluvio-aluvial)
ALJ	ETNA, digital triaxial	Edificio CIPET, Alajuela centro	Mampostería, dos plantas	Blando (Lahares, cenizas)
FRA	SSA-1, digital triaxial	Escuela de Frailes	Madera, un piso	Firme, arenitas

Cuadro 5: Aceleraciones pico (PGA) registradas por los instrumentos del LIS

Estación	Distancia Hipocentral, Km	Aceleración pico por componentes (gales)			Aceleración Estimada ⁽¹⁾ gales
		L	V	T	
GLF	86.5	23.5	15.5	32.6	36.8
ISD	183.6	11.2	5.9	11.7	19.4
CBQ	215.8	18.0	8.8	18.0	14.4
RMO	233.5	12.9	6.5	13.7	13.0
SLG	242.4	12.6	4.4	13.8	13.8
FRA	238.2	5.6	2.1	4.4	12.7
ALJ	267.6	26.3	7.1	18.4	10.8

L: longitudinal (N-S), V: vertical, T: transversal (E-W), (1) Estimada a partir de relaciones de atenuación en Schmidt *et. al.* (1997)

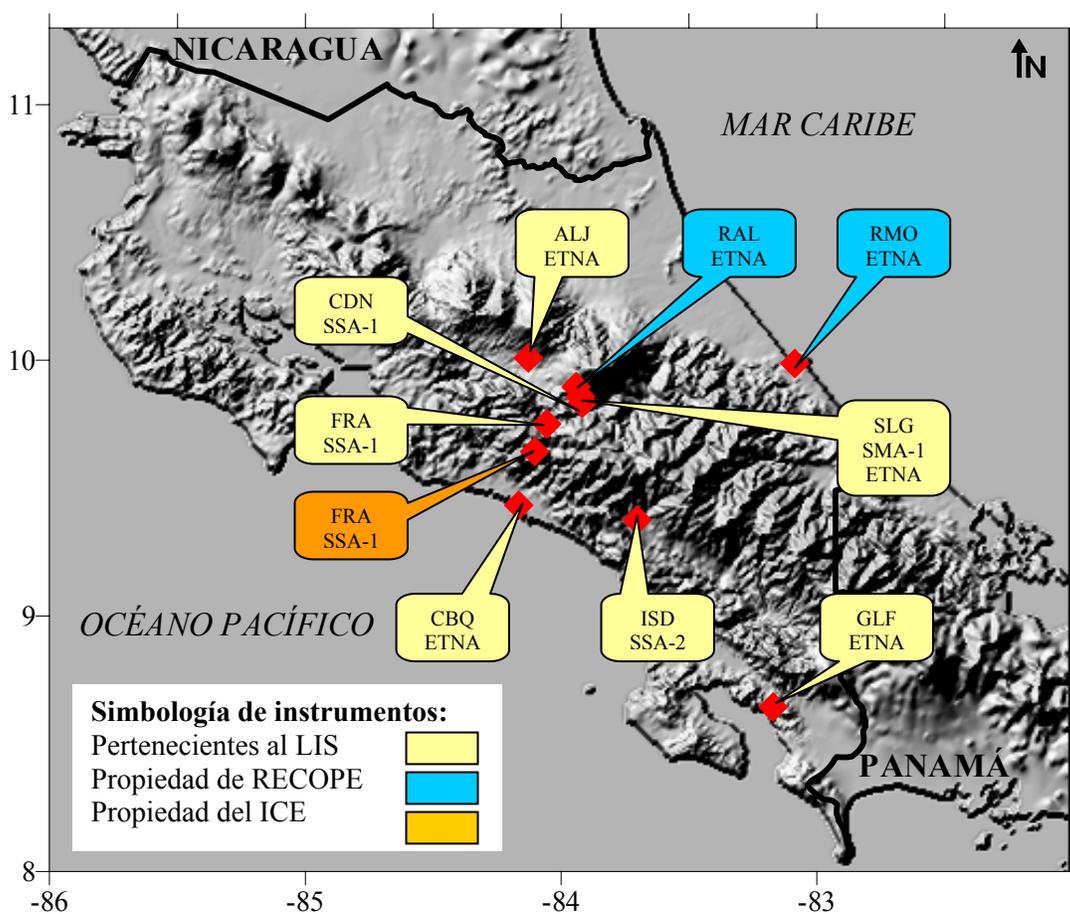


Figura 15: Estaciones acelerográficas del LIS que registraron el sismo de Burica.

Todos los instrumentos ubicados en estas estaciones son digitales, de tecnología moderna (Modelos: ETNA, SSA-1 y 2, marca *Kinematics*). Tomando en cuenta el sitio donde han sido instalados, los siete instrumentos pueden ser considerados como de campo libre.

A pesar de contar con cuatro registros en suelo blando, los valores máximos de aceleración en estos casos son bajos, cercanos a 26 gales (ALJ) por lo que no se puede hablar de un significativo efecto de amplificación de la aceleración del suelo.

A partir de los datos del cuadro 5 y las formas de onda mostradas en el Anexo, se observa que la componente vertical es aproximadamente la mitad de la horizontal máxima, a excepción de los registros en SLG y ALJ donde la vertical es bastante menor que las horizontales. Esto puede deberse a efectos de amplificación por la presencia de suelo blando, que amplifica solamente las componentes horizontales del movimiento y a que, por ubicarse a más de 240 km del epicentro, hay un claro predominio de ondas superficiales que afecta principalmente el movimiento horizontal (componentes L y T).

Se observa además que los mayores valores de aceleración pico se dan a la distancia hipocentral más corta, específicamente en GLF. Otro punto a resaltar es que la componente mayor en casi todos los registros es la transversal (dirección este-oeste), coincidiendo con el hecho de que el colapso de muchas estructuras se dio cuando estas cayeron de sus bases en dirección este (en Peral y Laurel de Corredores).

Al examinar los acelerogramas, no se notan claramente efectos de amplificación por la presencia de suelo blando (casos de SLG, RMO y ISD) a excepción de ALJ donde se tiene el registro más largo y con aceleraciones un poco más altas en comparación con los demás acelerogramas. Este fenómeno ha sido evidenciado en otras investigaciones en este sitio. En general los suelos blandos, amplifican la señal tanto en duración, como en amplitud y filtran las altas frecuencias. En esta misma estación se observa además que el PGA vertical es aproximadamente una tercera parte de los horizontales.

En los registros de RMO se puede notar un filtrado de altas frecuencias, debido probablemente al tipo de suelo que predomina en este sitio (aluvial) y a su lejanía del hipocentro.

Según los registros de FRA, el efecto observado es el opuesto al de ALJ: los valores de aceleración son los más bajos de todos los registros, debido probablemente al fenómeno de atenuación y a la desamplificación por presencia de suelo firme.

Finalmente, se muestran los espectros de respuesta para amortiguamientos de 0, 2, 5, 10 y 20% obtenidos a partir de los registros horizontales en GLF. Puede observarse en la figura 16, el espectro correspondiente a la componente longitudinal, cuya aceleración espectral máxima es de 95 gales para el 5% de amortiguamiento aproximadamente (ver línea del centro), lo que representa un

factor de amplificación dinámica (FAD de 4 para un período de 0,25 s. El rango de máxima amplificación se da entre 0,25 y 0,5 s. Con respecto a la componente transversal., que es en la que se produjo el mayor PGA de todos los obtenidos, la figura 17 muestra la aceleración espectral máxima de 100 gales según el espectro del 5% de amortiguamiento, lo que representa un FAD de 2,7 para un período de 0,23 s. En este caso, el rango de máxima amplificación, que corresponde al rango de períodos de estructuras cuya respuesta se verá más amplificada, es entre 0,18 y 0,43.

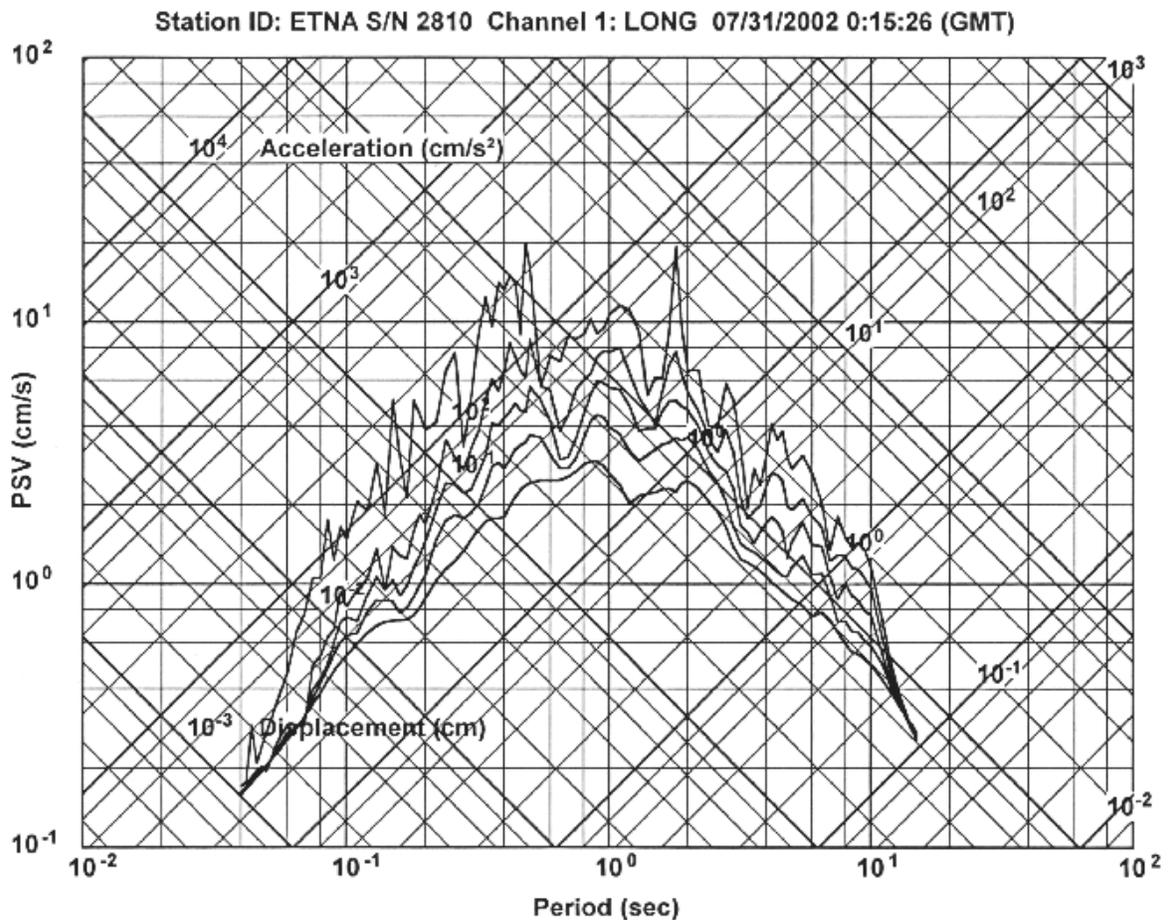


Figura 16: Espectro de respuesta para la componente longitudinal del registro de la estación GLF.

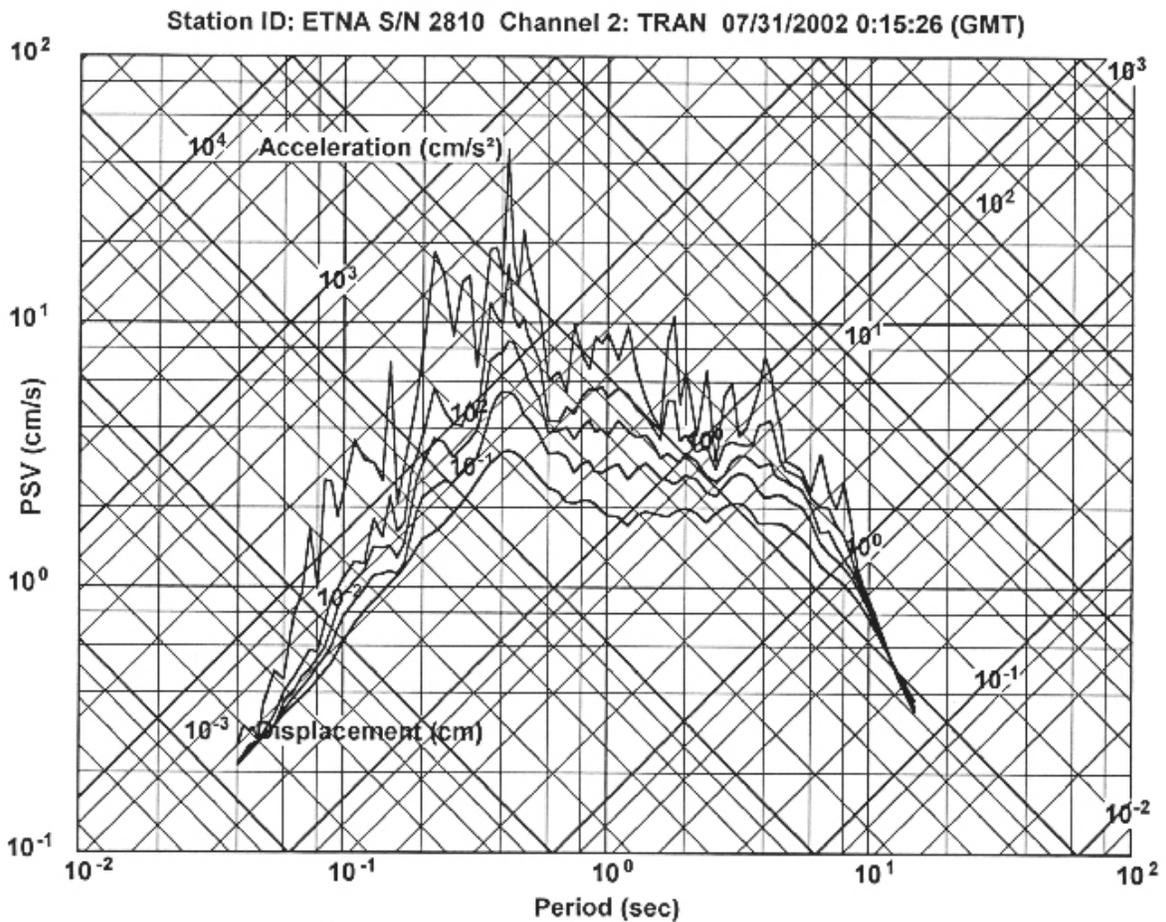


Figura 17: Espectro de respuesta para la componente transversal del registro de la estación GLF.

CONCLUSIONES

El fuerte sismo del 30 de julio del 2002, ocurrido cerca de Punta Burica, se produjo en la Zona de Fractura de Panamá, la cual es una gran falla transformante de tipo dextral, que sirve de límite entre las placas del Coco y Nazca. Históricamente, en esta zona han ocurrido varios sismos destructivos, entre ellos, los terremotos de Puerto Armuelles de 1934 y 1979.

Para la elaboración del mapa de intensidades presentado, se realizaron entrevistas en 87 localidades distintas. La intensidad máxima asignada es de VII en la península de Burica y en la ciudad Panameña de Puertos Armuelles. En total, el sismo de Burica provocó 8 heridos y el colapso de al menos 12 viviendas en algunas localidades fronterizas entre Costa Rica y Panamá.

Los daños observados ocurrieron por la existencia de materiales deteriorados por el paso del tiempo o por la ausencia de elementos estructurales esenciales para la estabilidad de los edificios.

Respecto a las aceleraciones registradas, se obtuvieron valores moderados de aceleración pico, siendo los mayores en GLF (32,6 gales) que es la estación más cercana al epicentro, seguida por ALJ que es la más lejana, pero con presencia de efectos de amplificación por suelos blandos.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al personal del Área de Amenazas y Auscultación Sismo-volcánica del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), por el transporte facilitado para visitar la zona epicentral entre los días 31 de julio y 4 de agosto del 2002. También al geólogo Wilfredo Rojas, de la Sección de Sismología de la Escuela Centroamericana de Geología, por los reportes de intensidad brindados.

CONTACTOS

Lepolt Linkimer Abarca, lepolti@cariari.ucr.ac.cr

Víctor Schmidt Díaz, vschmidt@eic.ucr.ac.cr

Dirección postal: Laboratorio de Ingeniería Sísmica, INII, Universidad de Costa Rica. Tel: 253-73-31, Fax: 224-26-19. Apdo. 36-2060, San José, CR.

Ileana Boschini López, IBoschini@ice.go.cr

Dirección postal: Área de Amenazas y Auscultación Sismo-Volcánica, Instituto Costarricense de Electricidad, ICE. Tel: 220-62-79. Fax: 220-8212. Apdo. 10032-1000, San José, CR.

REFERENCIAS

Arroyo, I. G., 2001: Sismicidad y Neotectónica en la región de influencia del proyecto hidroeléctrico Boruca: hacia una mejor definición sismogénica del sureste de Costa Rica. –Tesis de Licenciatura, Escuela Centroamericana de Geología, 162 pp + 3 Apéndices y 5 mapas.

Camacho, E., 1991: The Puerto Armuelles earthquake (southwestern Panama) of July 18, 1934. –Rev Geol. Amér. Central, 13: 1-13.

Schmidt, V., Dahle A., y Bungum, H., 1997: Costa Rican Spectral Strong Motion Attenuation. -Technical Report. NORSAR, Norway, 45pp.

Anexo 1
Acelerogramas

