



BOLETÍN DE INFORMACIÓN SÍSMICA

Enero 2016

GRUPO RESNOM

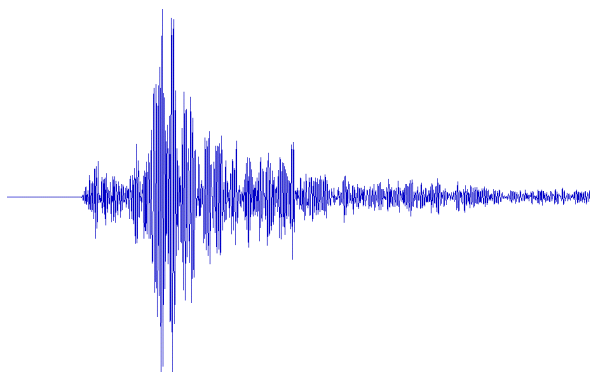
Departamento de Sismología

División de Ciencias de la Tierra

*Centro de Investigación Científica y
de Educación Superior de Ensenada,
BC.*

ÉPOCA II

Ensenada Baja - California, México



PERSONAL DE RESNOM

Investigador

Dr. José Antonio Vidal Villegas



Responsables del contenido y edición

Dr. José Antonio Vidal Villegas

MTIC Julia del C Sánchez R.

Téc. Ignacio Méndez Figueroa

Téc. Francisco Javier Farfán S.

LCC. Sergio M. Arregui O.

M. C. Alejandra Nuñez L.

Grupo Técnico

Arregui Ojeda Sergio Manuel

Díaz de Cossio Batani Guillermo

Gálvez Valdez Jesús Óscar

Farfán Sánchez Francisco Javier

Méndez Figueroa Ignacio

Núñez Leal María Alejandra

Orozco León Luis Raúl

Sánchez Rodríguez Julia del Carmen

1 INFORMACIÓN GENERAL

La Red Sísmica del Noroeste de México (RESNOM) es una red telemétrica operada desde 1980 por el Departamento de Sismología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE (Figura 1). La cual registra información digital de temblores locales y regionales del norte de Baja California y el oeste de Sonora (noroeste).

1.1 OBJETIVO DEL BOLETÍN

El Boletín de Información Sísmica tiene como objetivo difundir los resultados del procesado de las señales sísmicas registradas por RESNOM. Estas señales corresponden a temblores ocurridos en la región noroeste de México y el norte del Golfo de California.

El boletín consiste en un listado de tiempos de origen, localizaciones hipocentrales, magnitud y algunos parámetros relativos a la localización de los sismos registrados (error cuadrático medio de los residuales de tiempo y número de lecturas utilizadas en la localización). Adicionalmente, se anexa mapa que muestra la distribución epicentral de los sismos localizados.

A continuación se presenta una breve descripción acerca de:

- La instrumentación de las Estaciones.
- Los sistemas de adquisición de datos.
- El procesamiento de la Información
- Cálculo de la magnitud.

1.2 INSTRUMENTACIÓN DE LAS ESTACIONES

RESNOM consiste en 1 estación de Periodo Intermedio y 22 Estaciones de Banda ancha (0.01-50 Hz), ver Tabla.

Las Estaciones de Banda Ancha equipadas con grabadoras REFTEK modelos: 130-1y 130S de 6 componentes de 24 bits y grabadora DAS 72A sensores: a) de Velocidad marca GURALP modelo 3ESPC y Nanometrics Trillium Comapct; b) Sensores de Aceleración marca Kinometrics-Episensor modelo FBA ES-T y y sensores triaxiales Geotech (KS-2000). Las señales sísmicas se digitalizan a razón de 100 muestras por canal y se envían al CICESE utilizando el Internet comercial y en algunos casos satelital.

La estación de Periodo Intermedio (TLX) está equipada con digitalizador Reftek 130S y sensor de velocidad marca Guralp CMG-40T.

La estación TPICX se transfiere a RESBAN a partir de este mes.

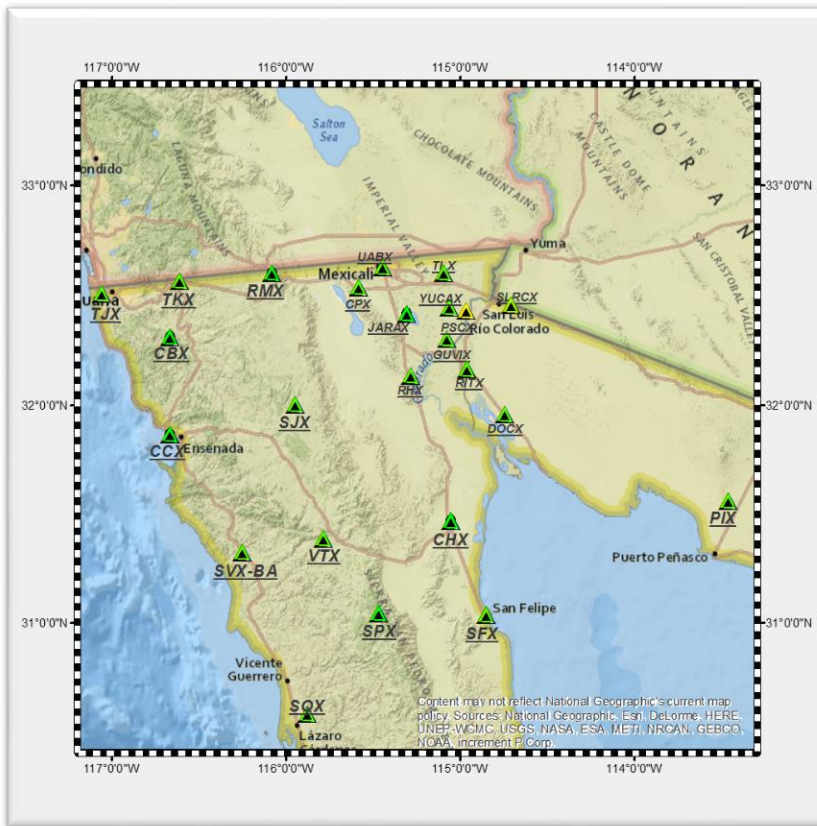


Figura 1 – Estaciones Noroeste de México

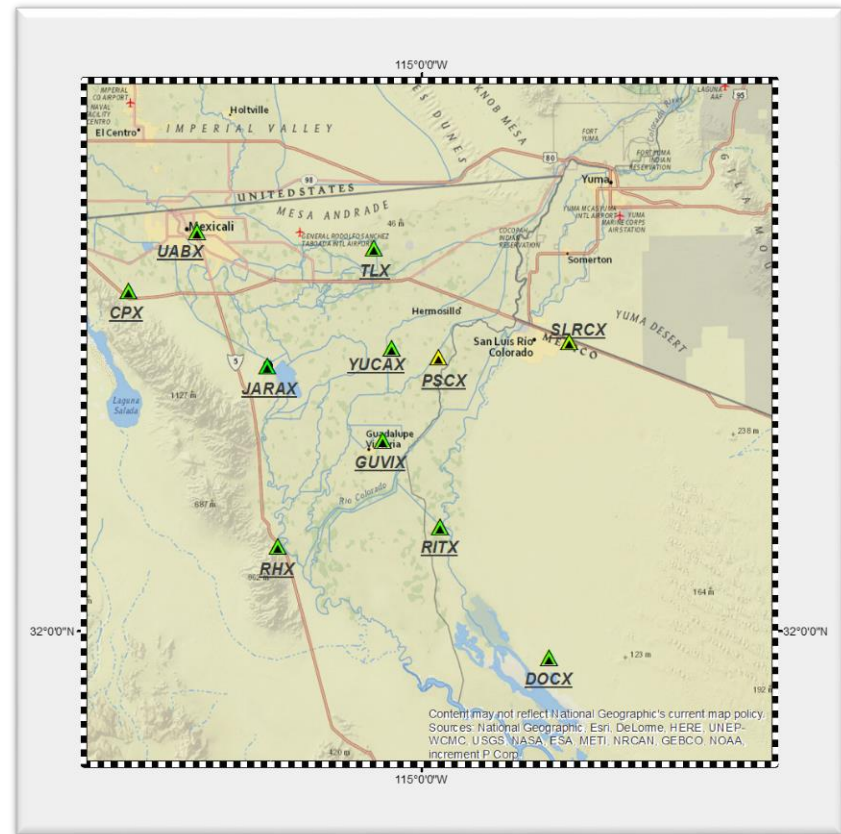


Figura 2 – Estaciones en el Valle de Mexicali

	ID	DAS	N/S	m/s	Velocidad	S/N	Aceleración	S/N	Latitud	Longitud	Elev m	TIPO ENLACE	Comunicación	Identificación	Localización	Fecha Instalación	Fecha Retiro
1.	ALAMAX	REFTEK 130-1	B082	100	GURALP	T36752	FBA ES-T	4507	32.0075	-115.708	316	Internet	ALAMAX↔CICESE	Alamar	Rancho Alamar – Laguna Salada BC	12-11-2015	
2.	CBX	72 A-07	8129	100	GURALP CMG-40T	T4672	--	--	32.3131	-116.6636	1250	Radio	Radio↔CICESE	Cerro Bola	En Cerro Bola – BC	06-06-2001	
3.	CCX	REFTEK 130-1	B07E	100	GURALP	T36760	FBA ES-T	4509	31.8679	-116.6645	36	Red CICESE	Red Interna CICESE	CICESE	Sótano del edificio de Ciencias de la Tierra - CICESE	00-06-2011	
4.	CHX	DM24-3M		50	GURALP	T4034	--	--	31.4721	-115.0521	40	Radio-Internet	Radio↔SPX↔CICESE	Chinero	Cerro El Chinero BC	01-10-2012	
5.	CPX	REFTEK 72 A DM24-3M REFTEK 130-1	B08E	100	MARK L4C GURALP CMG40T GURALP 3ESPC	T36761	FBA ES-T	4503	32.4195	-115.3050	194	Internet-VPN de C4	CPX↔C4↔CICESE	Cerro Prieto	30 km al Sur de Mexicali – en el volcán de Cerro Prieto – BC	11-09-2001 29-10-2009 08-05-2012 ¹	20-10-2005 07-05-2012
6.	DOCX	REFTEK 130S	B854	100	TRILLIUM COMPACT	001481	FBA ES-T	5401	31.9594	-114.7451	11	In Situ		El Doctor	Ejido el Doctor – Mexicali – BC	23-06-2015	
7.	GUPIX	REFTEK 130S	BB92	100	TRILLIUM COMPACT	002208	FBA ES-T	5800	32.3029	-115.0762	10	Internet	GUPIX↔CICESE	Guadalupe Victoria	Ejido Guadalupe Victoria	12-06-2013	
8.	JARAX	REFTEK 130S	BB52	100	TRILLIUM COMPACT	001478	FBA ES-T	5403	32.5378	-115.5815	25	In Situ		Heriberto Jara	Ejido Heriberto Jara, Mexicali – BC	17-06-2015	
9.	PESCX	REFTEK 130S	B833	100	TRILLIUM COMPACT	001479	FBA ES-T	5398	32.4338	-114.9649	14	In Situ		Pescaderos	Ejido Pescaderos – Mexicali – BC	24-06-2015	
10.	PIX	REFTEK 130-1	B07A	100	GURALP 3ESPC	T36757	FBA ES-T	4508	31.5629	-113.4599	77	Internet Satelital	PIX↔C4↔CICESE	Pinacate	Localidad del Pinacate – Sonora	15-07-2011	
11.	RHX	REFTEK 130-1 REFTEK 130S	B081 BB91	100	GURALP 3ESPC TRILLIUM COMPACT	T36752 002176	FBA ES-T FBA ES-T	4504 5879	32.1350	-115.2843	16	Internet Satelital	RHX↔CICESE	Río Hardy	Río Hardy – Mexicali. – BC	15-07-2013 12-06-2014	12-06-2014

¹ Cambian los instrumentos de Banda Ancha

	ID	DAS	N/S	m/s	Velocidad	S/N	Aceleración	S/N	Latitud	Longitud	Elev m	TIPO ENLACE	Comunicación	Identificación	Localización	Fecha Instalación	Fecha Retiro
12.	RITX	REFTEK 130S	B844	100	TRILLIUM COMPACT	001474	FBA ES-T	5399	32.1659	-114.9613	15	In Situ		Riito	Riito – Mexicali – BC	16-06-2015	
13.	RMX	REFTEK 130-1 REFTEK 130S	B084 BBD4	100	GURALP 3ESPC TRILLIUM COMPACT	002203	FBA ES-T	5779	32.5535	-116.0288	1278	Internet	RMX ↗ CICESE	Rumorosa	La Rumorosa – BC	11-11-2012 12-06-2014	12-06-2014
14.	SFX	REFTEK 130-1	B089	100	GURALP 3ESPC	T36756	FBA ES-T	4507	31.0376	-114.8510	39	Internet	SFX ↗ CICESE	San Felipe	San Felipe – BC	07-06-2012	
15.	SJX	REFTEK 130-1	B085	100	GURALP 3ESPC	T36755	FBA ES-T	4498	32.0048	-115.9480	1616	Internet Satelital	SJX ↗ CICESE	Sierra Juárez	Sierra Juárez – BC	22-03-2012	
16.	SLRX SLRCX	REFTEK 130S	BB8C	100	TRILLIUM COMPACT	002190	FBA ES-T	5799	32.4585 32.4579	-114.7057 -114.7049	52	Internet	SLRX ↗ CICESE	San Luis Río Colorado	San Luis Río Colorado – Son.	12-06-2014 03-06-2015 ²	03-06-2015
	SPX	REFTEK 72 A REFTEK 130-1	-- B083	100 100	GEOTECH KS-2000 GURALP 3ESPC	-- T36759	-- FBA ES-T	-- 4499	31.0451	-115.4660	2835	Internet	SFX ↗ CICESE	San Pedro Mártir	Observatorio de San Pedro Mártir – BC (170 km al sureste de la ciudad de Ensenada – BC)	29-05-2001 26-06-2011	25-05-2011 xx-08-2015
17.	SQX	REFTEK 130-1	B08C	100	GURALP 3ESPC	T36758	FBA ES-T	4506	30.5761	-115.8750	101	Internet Satelital	SQX ↗ CICESE	San Quintín	San Quintín - BC	08-12-2011	
18.	TJX	REFTEK 130-1 REFTEK 130S	B077 BBE0	100	GURALP 3ESPC TRILLIUM COMPACT	T36750 002256	FBA ES-T FBA ES-T	4505 5803	32.5102	-117.0543	210	Internet	TJX ↗ CICESE	Tijuana	Protección Civil en la cd. De Tijuana – BC	17-11-2011 10-06-2014	10-06-2014
19.	TKX	REFTEK 130-1 REFTEK 130S	B08B BB89	100	GURALP 3ESPC TRILLIUM COMPACT	T36749 002199	FBA ES-T FBA ES-T	4505 5801	32.5687	-116.6075	541	Internet	TKX ↗ C4 ↗ CICESE	Tecate	Edificio C4 de la ciudad de Tecate	30-11-2011 10-06-2014	10-06-2014
20.	TLX	REFTEK 130S	B912		GURALP CMG-40T	T4W97	- -	—	32.4480	-115.0587	15	Internet	TLX ↗ CICESE	Tlaxcala	Ejido Tlaxcala – Mexicali, BC	03-05-2013	

² Cambia de localización y su ID también

	ID	DAS	N/S	m/s	Velocidad	S/N	Aceleración	S/N	Latitud	Longitud	Elev m	TIPO ENLACE	Comunicación	Identificación	Localización	Fecha Instalación	Fecha Retiro
21.	UABX	REFTEK 130-1 REFTEK 130S	B082 BBE5	100	GURALP 3ESPC TRILLIUM COMPACT	4510 002196	FBA ES-T FBA ES-T	4510 5879	32.6316	-115.4447	44	Internet	UABX↔CICESE	UABC Mexicali	Edificio de Ingeniería – Mexicali de la UABC	06-07-2011 10-06-2014	10-06-2014
22.	VTX	REFTEK 130-1	B08A	100	GURALP 3ESPC	T36705	FBA ES-T	4512	31.3914	-115.7840	746	Internet Satelital	VTX↔CICESE	Valle de la Trinidad	Valle de la Trinidad – BC	11-11-2011	
23.	YUCAX	REFTEK 130S	B850	100	TRILLIUM COMPACT	001480	FBA ES-T	5402	32.6054	-115.0938	20	In Situ		Yucatán	Ejido Yucatán – Mexicali – BC	22-06-2015	

Tabla 1 – Información de las Estaciones de RESNOM enero – 2016.

1.3 ADQUISICIÓN DE DATOS

Las señales digitalizadas se transmiten de forma continua en tiempo real al CICESE utilizando Internet convencional e Internet satelital. En el centro de datos de RESNOM se reciben las señales y se procesan automáticamente en formato digital para realizar las detecciones de los eventos sísmicos, el cálculo de las localizaciones hipocentrales y las magnitudes. Ya procesadas las señales se incorporan en una base de datos de eventos y el continuo de la señal registrada.

1.4 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Tras el arribo de las señales sísmicas al centro de datos de RESNOM, se analizan y procesan a través del sistema Earthworm: la detección automática de sismos, el cálculo de tiempos de arribo, la localización de epicentros y el cálculo de las magnitudes. Además, se utilizan los registros para calcular mecanismos focales, así como el cálculo de las aceleraciones máximas para generar los mapas de intensidades. Este proceso se realiza de manera automática, sin la intervención de un técnico analista de datos. Posteriormente, esta información, en la etapa de post-proceso es revisada por un analista y en caso de ser necesario, se vuelven a procesar los registros del sismo.

1.5 CÁLCULO HIPOCENTRAL AUTOMATIZADO

Estos se realizan a través de un sistema de código abierto conocido como Earthworm (EW), el que fue desarrollado por el USGS (*United States Geological Survey*) y actualmente es soportado por ISTI (*Instrumental Software Technologies, Inc.*) a través del Sistema AQM (ANSS Quake Monitoring System).

La precisión de los resultados hipocentrales depende del número de Estaciones sismológicas empleadas en el análisis (mínimo 4), la disponibilidad y calidad de las señales que se registraron.

1.6 CÁLCULO DE MAGNITUD AUTOMATIZADO

El cálculo se encuentra basado en dos programas: Hypoinverse y Binder; siendo el primero el encargado además de estimar la magnitud de duración (Md) empleando el promedio de las CODAS (duración) con la ecuación de Eaton (1992).

Tras unos minutos de haber ocurrido el sismo, se cuenta con un mayor número de datos sísmicos. Un analista experimentado analiza la información recibida, para con ella obtener una nueva estimación de magnitud.

Al ya contar con la mayoría de los datos y más tiempo de procesamiento, se realiza una nueva estimación de la magnitud, y se reporta la magnitud final del evento.

1.7 CÁLCULO DE MAGNITUD MANUAL

Los cálculos manuales de los eventos sísmicos son realizados empleando el programa SEISAN paquete sismológico de código abierto escrito y desarrollado por Jens Havskov, Lars Ottemöller y Peter Voss. Debido a que el procesamiento manual (identificación de fases P y S; cálculo hipocentral y estimación de magnitud) de la señal sismológica es realizada con la mayor cantidad de Estaciones disponibles, evaluando su calidad y la mejor cobertura azimutal alrededor de la fuente sísmica.

En el caso de eventos fuertes, las lecturas de tiempos de arribo de otras redes o fuentes de información, locales y regionales, se usan en conjunto con los datos de RESNOM para determinar los parámetros hipocentrales. Es común la integración de datos de Estaciones de la Red de acelerógrafos del Noroeste de México (RANM), una red de movimientos fuertes que opera el Departamento de Sismología de CICESE en la región norte de Baja California, o lecturas de tiempos de la Red del Sur de California (SCSN), operada conjuntamente entre el Instituto Tecnológico de California (CALTECH) y el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS).

Modelo de Velocidades Sísmicas									
<u>Macizo Rocoso</u> (³)		<u>Valle de Mexicali</u> (²)		<u>Bahía</u>		<u>Golfo Centro</u> (⁴)		<u>Golfo Sur</u> (³)	
Profundida d km	Velocidad ad km/s	Profundida d km	Velocidad km/s	Profundida d km	Velocidad ad km/s	Profundidad ad km	Velocidad km/s	Profundida d km	Velocidad ad km/s
0.0	5.6	0.0	1.7	0.0	1.96	0.0	5.0	0.0	4.0
5.0	6.6	0.10	2.0	2.0	4.60	4.0	6.0	2.0	6.0
20.0	7.0	0.73	2.3	8.0	5.52	12.0	6.4	7.0	6.40
42.0	8.0	1.75	2.6	19.0	6.66	19.0	6.6	14.0	6.90
		2.94	3.0	24.0	7.90	26.0	6.8	24.0	7.60
		5.62	5.0	55.0	8.30			80.0	8.0
		10.0	6.1						
		20.0	7.8						
		30.0	8.0						

Tabla 2. Modelo de Velocidades Sísmica

³ Nava, F. A. y J. N. Brune (1982). An Earthquake-Explosion reversed refraction line in the Peninsular Ranges of southern California and Baja California Norte. Bull. Seism. Soc. Am., 72, 1195-1206. (Macizo Rocoso – Valle de Mexicali -)

⁴ Rebecca J. Dorsey (U. Oregon), Paul J. Umhoefer (N. Arizona State U.), Michael E. Oskin (U. California, Davis) and Ramon Arrowsmith (Arizona State Univ.). Rupturing Continental Lithosphere in the Gulf of California & Salton Trough. GeoPRIMS Newsletter, Issue No. 30, Spring 2013. (Golfo Centro)

No	ID	Nombre Estación	Latitud	Longitud	Elevación m	Asentamiento
1.	ALAMAX	Alamar	32.0075	-115.708	316	<i>Roca Sedimentaria Continentales – no diferenciado –</i>
2.	CBX	Cerro Bola	32.3131	-116.6636	1250	Rocas volcánicas no diferenciadas
3.	CCX	CICESE	31.8679	-116.6645	36	Rocas volcánicas no diferenciadas Sobre base de concreto
4.	CHX	El Chinero, BC.	31.4721	115.0521	40	Rocas volcánicas (Andesita)
5.	CPX	Cerro Prieto	32.4195	-115.3050	194	Sedimentarias Continentales (Roca Magmática)
6.	DOCX	El Doctor	31.9594	-114.7451	11	Roca Sedimentaria Continentales(Aluvión)
7.	GUPIX	Guadalupe Victoria	32.3029	-115.0762	10	<i>Rocas Sedimentarias (Aluvión)</i>
8.	JARAX	Heriberto Jara	32.5378	-115.5815	25	<i>Rocas Sedimentarias (Aluvión)</i>
9.	PESCX	Pescaderos	32.4338	-114.9649	14	<i>Rocas Sedimentarias (Aluvión)</i>
10.	PIX	Pinacate	31.5629	113.4599	77	Sedimentarias Marinas
11.	RHX	Río Hardy	32.1350	115.2843	16	<i>Rocas Sedimentarias (Aluvión)</i>
12.	RITX	Riito	32.1659	-114.9613		<i>Rocas Sedimentarias (Aluvión)</i>
13.	RMX	Rumorosa, BC	32.5535	116.0288	1278	(Graníticas y Gabroides) (Tonalita)
14.	SFX	San Felipe	31.0376	-114.8510	39	Rocas Sedimentarias Continentales
15.	SJX	Sierra de Juárez	32.0048	-115.9480	1616	<i>(Granodiorita)</i>
16.	SLRCX	San Luis Río Colorado	32.4585	-114.7057	52	Roca Sedimentaria (Aluvión)
	SPX	San Pedro Mártir	31.0451	-115.4660	2835	Batolíticas Roca Sedimentaria Tonalita
17.	SQX	San Quintín	30.5761	-115.875	101	Formación Alisitos Sedimentarias - volcánicas
18.	TJX	Tijuana	32.5102	-117.0543	210	Roca Sedimentaria Marina
19.	TKX	Tecate	32.5687	-116.6075	541	Roca Sedimentaria (Gabro)
20.	TLX	Tlaxcala	32.4480	-115.0587		<i>Rocas Sedimentarias (Aluvión)</i>
21.	UABX	UABC Mexicali	32.6316	-115.4447	44	Rocas Sedimentarias (Aluvión)
22.	VTX	Valle de la Trinidad	31.3914	-115.7840	746	Roca Sedimentaria (Tonalita)
23.	YUCAX	Yucatán	32.6054	-115.0938	20	Rocas Sedimentarias (Aluvión)

Tabla 3 – Tipo de asentamiento de las Estaciones de RESNOM.

Referencias

- [1] J. J., González and A. R. García. *Escala de magnitud-coda para Estaciones sismográficas en el Norte de Baja California*, Resumen extenso en Memorias de la Reunión 1986 de la Unión Geofísica Mexicana, pp 399-406. 1986.
- [2] J., Havskov and L. Ottemöller. *SisAn: The earthquake Analysis Software, Versión 7.0*, Institute of Solid Earth Physics, University of Bergen, Norway, pp. 226. 1999.
- [3] B.R.E., Lienert and J. Havskov. *A computer program for locating earthquakes both locally and globally*, *Seism. Res. Lett.*, 66, 19, 26-36. 1995.
- [4] G.A., McMechan and W. D. Mooney. *Asymptotic ray theory and synthetic seismograms for laterally varying structures: theory and application to the Imperial Valley, California*, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 70, 2021-20135, 1980.
- [5] F.A., Nava and J. Brune. *An Earthquake-Explosion reversed refraction line in the Peninsular Ranges of southern California an Baja California Norte*, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 72, 1195-1206. 1982.
- [6] A., Vidal and L. Munguía. *The ML scale in northern Baja California, México*, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 89, 3, 750-763. 1999.
- [7] A., Vidal and L. Orozco and S. Arregui and J. Sánchez and O. Gálvez and I. Méndez and L. Insunza. *A note on upgrading long period seismographs*, *Geofísica International*, 42, 1, 53-59, 2003.

Parámetros	Descripción
Fecha / Hora	Fecha, Hora en UTC (Tiempo Universal Coordinado)
Latitud	Latitud del epicentro
Longitud	Longitud del epicentro
P	Profundidad focal en kilómetros
n.º	Número de Estaciones
RMS (<i>Root-Mean-Square</i>)	Medida de ajuste de los tiempos de llegada observados a los tiempos de llegada predichos en dicha localización
GAP	Perdida de información en segmento de datos
Mag L	Magnitud Local (cuando aparece en rojo es Magnitud de Coda)
Ubicado	Distancia del poblado más cercano

Tabla 4 – Nomenclatura empleada en el resumen de los eventos localizados.

Eventos enero 2016

Fecha/Hora	Latitud	Longitud	P	No.	RMS	GAP	Mag L	Ubicado
01/04/2016 10:47:29	31.818	-115.611	3	12	0.24	104	2.4	a 51.53 km al norte del poblado de Valle de la Trinidad
01/04/2016 18:19:48	31.135	-116.723	7	12	0.06	255	3.5	a 66.38 km al sur del poblado de Maneadero
01/11/2016 07:52:39	30.515	-114.321	20	12	0.2	140	4.2	a 75.03 km al sureste del poblado de San Felipe
01/11/2016 08:49:24	30.517	-114.398	0	4	0.3	207	2.8	a 69.94 km al sureste del poblado de San Felipe
01/11/2016 23:31:26	27.026	-111.375	20	3	0.2	264	3.4	a 62.31 km al este del poblado de Mulegé
01/12/2016 04:42:46	30.511	-114.379	10	4	0.3	207	2.7	a 71.63 km al sureste del poblado de San Felipe
01/13/2016 12:01:03	32.714	-115.817	7	13	0.23	107	2.4	a 26.39 km al noroeste del poblado de Progreso
01/13/2016 12:05:14	32.712	-115.823	3	12	0.25	116	2	a 26.78 km al noroeste del poblado de Progreso
01/13/2016 18:20:03	31.715	-116.023	2	8	0.1	176	2.1	a 47.51 km al noroeste del poblado de Valle de la Trinidad
01/14/2016 14:39:22	32.383	-115.398	18	15	0.17	168	2.9	a 19.5 km al oeste del poblado de Delta
01/18/2016 05:42:55	32.165	-116.423	20	7	0.2	280	2	a 37.88 km al noreste de la ciudad de Ensenada
01/18/2016 06:07:42	32.358	-115.234	10	7	0.2	221	2.2	a 3.87 km al oeste del poblado de Delta
01/18/2016 06:11:48	32.427	-115.234	10	7	0.1	139	2.5	a 8.88 km al noroeste del poblado de Delta
01/19/2016 21:52:31	31.506	-115.519	7	14	0.18	202	3.3	a 25.56 km al noreste del poblado de Valle de la Trinidad
01/20/2016 04:06:27	31.826	-115.583	5	12	0.21	191	2.3	a 52.97 km al norte del poblado de Valle de la Trinidad
01/26/2016 00:32:25	32.396	-115.205	8	11	0.3	90	3.5	a 4.7 km al norte del poblado de Delta
01/27/2016 13:45:13	32.24	-115.291	11	8	0.1	174	2.3	a 11.46 km al oeste del poblado de Alberto Oviedo Mota
01/27/2016 14:15:32	32.176	-115.78	0	10	0.3	120	2.5	a 48.54 km al sur del poblado de Progreso
01/27/2016 14:56:42	32.227	-115.298	13	10	0.4	136	3	a 12.04 km al oeste del poblado de Alberto Oviedo Mota

Mapa eventos enero - 2016

