
Propuesta para la ampliación, instrumentación e integración del Sistema de Alerta Sísmica Mexicano en el Estado de Veracruz “SASMEX® Veracruz”

Flavio Leyva Ruiz**

Resumen

El territorio de México se asienta sobre cinco Placas Tectónicas, por ello, la actividad sísmica es importante; de año 1990 al 2024, el Servicio Sismológico Nacional ha registrado 289,389 sismos, de los cuales 1,182 de ellos, fluctúan en una magnitud (M)¹ entre 5.0 y 8.2. En el Estado de Veracruz² han ocurrido 21 sismos de magnitud entre 5.0 y 6.7. Los efectos de los fenómenos sísmicos tienen alcances importantes y devastadores, según sea su magnitud y profundidad de ocurrencia.

En el Estado de Veracruz han ocurrido “sismos históricos”³ como: “El de Xalapa” en 1920 (M. 6.4), afectó a los municipios de Coatepec, Cosautlán de Carvajal, Teocelo, Xalapa y Xico (más de 2 mil fallecidos, considerado como el 2º lugar a nivel nacional, después de los Sismos de 1985); “El de Jáltipan” en 1959 (M. 6.4), destruyó casi la totalidad de la cabecera municipal de Jáltipan; “El de Veracruz” de 1967 (M. 5.5-5.7) con afectaciones en los municipios de Alvarado, Boca del Río, Medellín y Veracruz, y; “El de Orizaba” de 1974 (M. 7.0-7.3) con afectaciones en Córdoba, Nogales y Orizaba, y Cd. Serdán, Pue. (539 decesos).

En el año 2013, el Gobierno del Estado en coordinación con el Servicio Sismológico Nacional y la Universidad Veracruzana, pusieron en operación la “Red Sísmica de Veracruz”, iniciando con ello, el monitoreo de la totalidad del territorio; asimismo la Zona Sur, considerada de Peligro Sísmico Alto, donde se concentra la mayor incidencia (6,019 registros sísmicos en 10 municipios): Jesús Carranza 1,707, Uxpanapa 1,607,

1 La magnitud es la medida cuantitativa relacionada con la energía sísmica liberada.

2 Análisis Estadístico elaborado por Leyva, Flavio con datos del Catálogo de Sismos del Servicio Sismológico Nacional <http://www2.ssn.unam.mx:8080/catalogo/>

3 Fuente: Programa Específico de Protección Civil por Sismos en el Estado de Veracruz. <https://www.veracruz.gob.mx/proteccioncivil/programa-especial-por-sismos-en-el-estado-de-veracruz-2/>

* Centro de Instrumentación y Registro Sísmico A.C. (CIRES). 1990. A la Asociación le pertenece el registro del Sistema de Alerta Sísmica.

**leyvaruizf13@gmail.com

Hidalgotitlán 1,022, San Juan Evangelista 371, Las Choapas 306, Sayula de Alemán 249, Minatitlán 245, Playa Vicente 233, Texistepec 167 y Santiago Sochiapan 112.⁴

Si bien, el monitoreo sísmico en Veracruz es importante en la Política Pública de Reducción del Riesgo de Desastres, adolece de una parte preventiva, ya que no cuenta con un Sistema de Alertamiento Sísmico, por ello, el objetivo de este trabajo es presentar la diseño de un Sistema de Alerta Sísmica que advierta en forma expedita y automática a la población de movimientos telúricos peligrosos, resguardando la infraestructura productiva.

Introducción

A un siglo del Sismo de Xalapa ocurrido el día tres de enero de 1920 con una magnitud estimada de 6.2 ó 6.4, la población de Veracruz se ha visto afectada en menor o mayor proporción por el impacto de sismos de magnitudes importantes, es decir, de acuerdo a los registros de 8 sismos históricos, en promedio cada 12 años y medio se registra un terremoto que provoca afectaciones o daños materiales, lesiones y/o víctimas mortales, lo que implica falta de atención a este tipo de riesgo.

La Gestión Integral del Riesgo (GIR), es una política pública nacional (Artículo II Facc. VII LGPC) que tiene como objetivo la Reducción del Riesgo de Desastres en la Población ante el impacto de fenómenos perturbadores; para su aplicación y desarrollo se subdivide en 8 Fases: Identificación de Riesgos, Previsión, Prevención, Mitigación, Preparación, Auxilio, Recuperación y Reconstrucción.

Para atender el fenómeno sísmico en el Estado de Veracruz (Leyva, 2020), en el marco del Sistema Estatal de Protección Civil y la Reducción del Riesgo de Desastres (Capítulo I, Artículo 10, LPCyRRD-Veracruz), en cada una de las 8 Fases de la Gestión Integral de Riesgos se han desarrollado e implementado actividades institucionales para Reducir el Riesgo de Desastre en la Población. Sin embargo, con la finalidad de cerrar la Fase de Preparación de la GIR (Círculo Virtuoso), es imprescindible gestionar la ampliación e instrumentación del Sistema de Alerta Sísmico Mexicano para el Estado de Veracruz. Por lo anterior, el objetivo de este capítulo es alertar a la población del Estado de Veracruz por sismos de magnitud importante a través de la implementación de la Alerta Sísmica con el cual se proporcionará tiempo de oportunidad para evacuar en forma segura y ordenada hacia lugares de menor riesgo, así como detener los procesos de producción de forma automática, paulatina y confiable.

4 Análisis Estadístico elaborado por Leyva Flavio.

Además de esta breve introducción, el capítulo se conforma de tres partes. En la primera parte, presentamos un resumen general de los sismos más impactantes que han ocurrido en México en los últimos 100 años. La segunda parte, expone los eventos sísmicos históricos que se han presentado en el Estado de Veracruz de 1920 a 2017. La parte tercera, exponemos nuestra propuesta para la ampliación, instrumentación e integración de las funciones del Sistema de Alerta Sísmica en el Estado de Veracruz. Finalmente, exteriorizamos nuestras conclusiones, referencias y anexos.

Primera Parte. Los sismos más impactantes de México en los últimos 110 años

La República Mexicana está dividida por 5 Placas Tectónicas: placa del Caribe, placa de Cocos, placa Norteamericana, placa del Pacífico y la placa de Rivera.

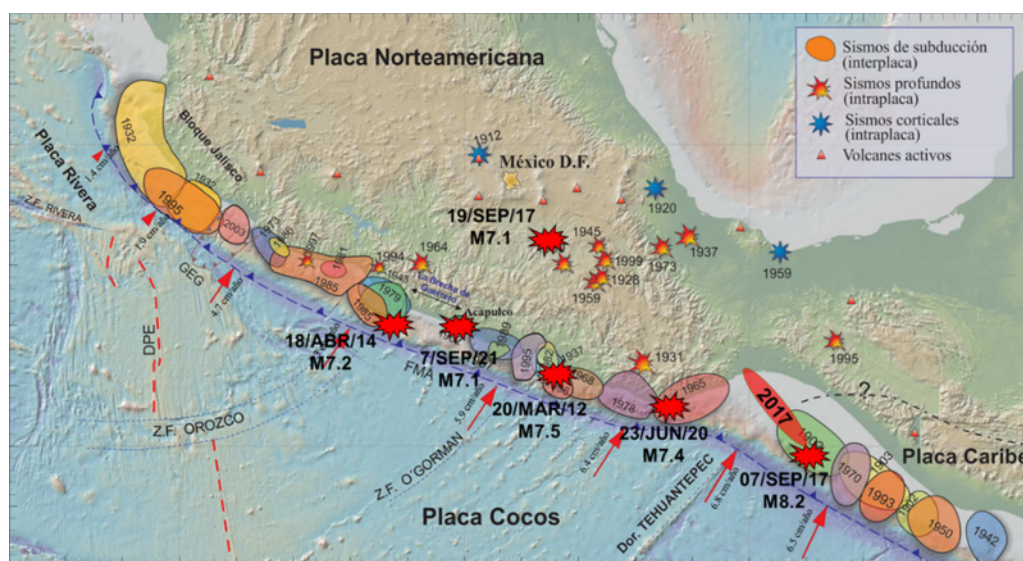
Debido al movimiento de estas placas, y los esfuerzos geológicos que ejercen entre sí, anualmente generan gran cantidad de sismos; para tener una idea de ello, en los años 2018 y 2020, el Servicio Sismológico Nacional Registró 30,470 y 30,130 sismos, es decir, 83.3 y 82.3 sismos/promedio/día, respectivamente, de los cuales 42 y 32 sismos de ellos, fluctúan entre las magnitudes de 5.0 a 7.9 (Fuente: Estadística de los Sismos Reportados por el SSN).



Sismos o terremotos más impactante en México



Asimismo, se tienen identificadas regiones de rupturas sísmicas durante los siglos XX y XXI, que son generadoras de sismos y/o terremotos de gran energía y efectos eventualmente desastrosos.



Región de ruptura de sismo durante el siglo XX y XXI.

Fuente: Extraído de "Cien Años de Sismicidad en México". SSN y la Sismicidad en México (s/f).

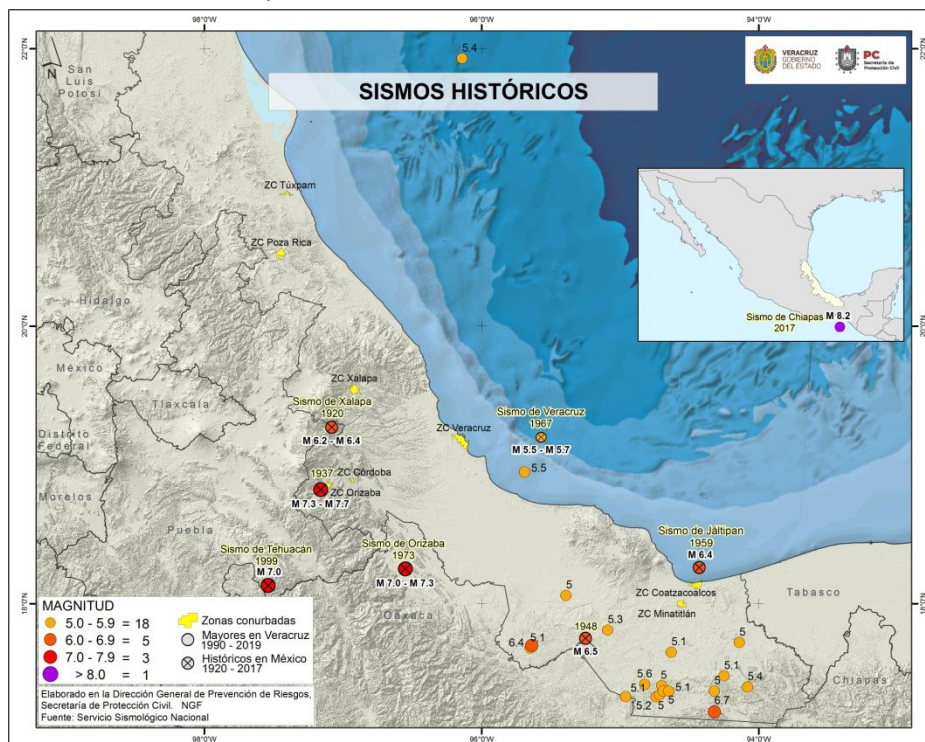
Segunda parte. Sismos históricos del estado de Veracruz 1920-2017

El Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave, por su ubicación geográfica, características orográficas, topográficas, hidrografía, aspectos demográficos, socioeconómicos, entre otros, es la Entidad Federativa del país con mayor incidencia de los fenómenos perturbadores, como referencia, del año 2000 al 19 de noviembre de 2019, la Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana del Gobierno Federal emitió 225 Declaratorias de Emergencias y 108 Declaratorias de Desastres, es decir, una relación de 11 a 5 en promedio al año, respectivamente, en su gran mayoría han sido por impacto de los fenómenos hidrometeorológicos, sin embargo los peligros de origen geológico y específicamente los sismos, que en términos probabilísticos son muy poco frecuentes en Veracruz, representan un peligro latente para la población, basta resaltar que en el último siglo (como referencia el Sismo de Xalapa de 1920), se tiene registrado al menos de 8 sismos históricos que provocaron afectaciones, daños materiales y lesiones e incluso decesos importantes en la población y todo los efectos adversos que implica un desastres por estos fenómenos a corto y mediano plazo (Leyva, 2020), es decir, en promedio cada 12 años y medio se registra un sismo-terremoto de magnitud importante.

Sismos históricos en Veracruz 1920-2017

SISMOS HISTÓRICOS PARA EL ESTADO DE VERACRUZ PERIODO 03/ENE/1920-09/SEP/2017								
Nº	FECHA	HORA	LAT.	LONG.	PROF.	MAG.	REFERENCIA ESPACIAL	EPICENTRO/MUN/EDO
1	03/01/1920	22:25:00	19.27	-97.08	10	6.2-6.4	QUIMDITLÁN, PUE. (COLINDANDO CON DHUACÁN Y TLALTETELA, VER.)	PUEBLA
CONOCIDO COMO EL SISMO DE XALAPA. AFECTACIONES EN XALAPA, COATEPEC, XICO, COSAUTLÁN DE CARBAJAL, TEOCELO (SE ESTIMA MÁS DE 2 MIL VÍCTIMAS MORTALES)								
2	26/07/1937	21:47:13	17.75	-95.25	85	7.3-7.7	ACULTZINGO, NOGALES Y MALTRATA	TIERRA BLANCA-ACULTZINGO, MALTRATA
3	11/08/1948	04:36:19	17.75	95.25	100	6.5	SUR DE VERACRUZ	SAN JUAN EVANGELISTA
S/D								
4	26/08/1959	08:25:31	18.26	-94.43	21	6.4	GOLFO DE MÉXICO, A 11.5 KM AL NORTE DE LA COSTA DE COATZACOALCOS	GOLFO DE MÉXICO
CONOCIDO COMO EL SISMO DE JÁLTIPAN.- AFECTACIONES EN JÁLTIPAN, VER. COLAPSO PALACIO MUNICIPAL, LA IGLESIA Y CASI LA TOTALIDAD DE LAS VIVIENDAS (TIPO CONSTRUCCIÓN) 7 DECESOS Y 200 HERIDOS								
5	11/03/1967	14:44:56	19.2	-95.57	30	5.5-5.7	GOLFO DE MÉXICO, A 58 KM AL ESTE DE LA COSTA DEL MUNICIPIO DE VERACRUZ	GOLFO DE MÉXICO
CONOCIDO COMO EL SISMO DE VERACRUZ.- AFECTACIONES EN VERACRUZ, BOCA DEL RÍO, MEDELLÍN, ANTÓN LIZARDO Y ALVARADO.								
6	28/08/1973	04:07:00	18.25	-96.55	82	7.0-7.3	SAN MIGUEL SOYALTEPEC, OAX. (PRESA TEMASCAL) A 26 KM AL SUROESTE DEL LÍMITE POLÍTICO CON TIERRA BLANCA, VER.	OAXACA
CONOCIDO COMO EL SISMO DE ORIZABA.- AFECTACIONES EN ORIZABA, CÓRDOBA, NOGALES, CD. SERDÁN. 539 DECESOS								
7	15/06/1999	15:24:04	18.13	-97.54	63	7.0	CALTEPEC, PUE.	PUEBLA
CONOCIDO COMO EL SISMO DE TEHUACÁN.- AFECTACIONES EN MALTRATA, VER.								
8	07/09/2017	23:49:18	14.85	-94.11	58	8.2	133 KM AL SUROESTE DE PIJIJAPAN, CHIS.	GOLFO DE TEHUANTEPEC
CONOCIDO COMO EL SISMO DE CHIAPAS. DAÑOS Y DECESOS EN CDMX, CHIAPAS, EDO, MÉXICO, MORELOS, OAXACA Y PUEBLA, EN VERACRUZ (DECLARATORIA DE DESASTRES PARA 6 MUNICIPIOS).								

Mapa de epicentros históricos 1920-2017 y epicentros iguales o mayores a magnitud 5.0 en Veracruz
periodo 01/Ene/1990-05/Dic/2019



Descripción de sismos históricos en Veracruz 1920-2017

En el Estado de Veracruz se ha minimizado el Peligro Sísmico, sin embargo, no se puede hacer una valoración estricta solo por el hecho de comparar la incidencia de sismos a nivel nacional con la local, es decir, la del Estado de Veracruz por muy significativa que sea. Otros factores como son los sismos históricos que de alguna forma han dejado evidencia de daños, lesiones, víctimas mortales y afectaciones importante que generaron, por ejemplo: Veracruz tiene el 2º lugar nacional de los sismos por el número de víctimas mortales, después de los Sismos de 1985, por el evento denominado “Sismo de Xalapa”; a continuación, se describen algunos de los principales eventos Sísmicos Históricos de Veracruz:

Sismo de Xalapa 03/Enero/1920

Este sismo magnitud 6.2-6.4⁵, conocido como “Sismo de Xalapa” con epicentro en Quimixtlán, Pue., a 33.5 Km al Suroeste de Xalapa, Ver., destruyó gran parte de Xalapa,

5 Referencia: Suárez, G. (1991); (Ms=6.2; Suter et al., 1996); (M=6.4; Kostoglodovy Pacheco, 2000); (Hora, Córdoba F. 2010).

Coatepec, Xico, Teocelo y Cosautlán de Carbajal en el Estado de Veracruz (se estima extraoficialmente más de dos mil víctimas mortales).

Xalapa, Ver. "Sismo de Xalapa"



Teocelo, Ver. "Sismo de Xalapa"



Sismo de Jáltipan 26/Agosto/1959

Sismo magnitud 6.4 conocido como el “Sismo de Jáltipan”⁶ con epicentro en el Golfo de México frente a la costa del municipio de Coatzacoalcos, Ver., a 44 Km al Noreste de Jáltipan, Ver.; en cabecera municipal de Jáltipan colapsó el Palacio Municipal y la Iglesia, y destruyó casi la totalidad de las viviendas debido al fenómeno conocido como Efecto de Sitio (amplificación de las ondas sísmicas por el consolidación del suelo), aunado a la vulnerabilidad física de las edificaciones (7 decesos y 200 heridos).

Jáltipan, Ver. “Sismo de Jáltipan”



6 Referencia: (Mw 6.4; Suárez, Novelo, 2018).



Sismo de Orizaba 28/Agosto/1973

Sismo magnitud 7.0-7.3⁷, conocido como el “Sismo de Orizaba”, con epicentro en San Miguel Soyaltepec, Oax., (embalse de la Presa de Temazcal) a 88.5 Km al Sur-Sureste de Orizaba, Ver., afectó a las ciudades de Córdoba, Nogales y Orizaba en el Estado de Veracruz, así como a Ciudad Serdán, perteneciente al Estado de Puebla, con un saldo oficial de 539 decesos.

Orizaba, Ver. “Sismo de Orizaba”



⁷ Referencia: (Mw 7.0; Singh y Wyss, 1976; Figueroa, J., 1974); (M=7.3; Kostoglodov y Pacheco, 2000).

Iglesia de Chachicomula de Sesma (Cd. Sedan), Pue. "Sismo de Orizaba"



Cd. Serdán, Pue. "Sismo de Orizaba"

El expresidente Luis Echeverría Álvarez, verificando personalmente los daños materiales

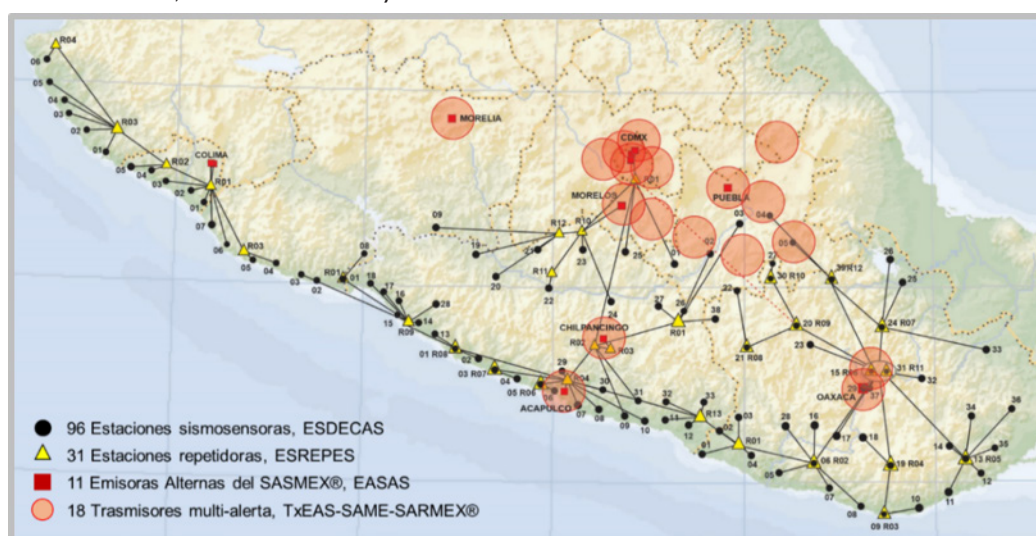


Asimismo, se tienen otros registros de eventos sísmicos históricos en Veracruz que de alguna forma han repercutido en mayor o menor proporción en la vida cotidiana de la sociedad, como: el Sismo de Tehuacán M7.0 el 15/Junio/1999 que provocó daños materiales en Mal-trata, Ver., y el más reciente, el Sismo de Morelos el 07/ Septiembre/2017 M8.2, por el cual, 6 municipios de Veracruz obtuvieron la Declaratoria de Desastres por daños materiales: Co-soleacaque, Jáltipan, Hidalgotitlán, Minatitlán, Nanchital y Texistepec.

Tercera Parte. Propuesta para la ampliación, instrumentación e integración de las funciones del Sistema de Alerta Sísmica Mexicano en el Estado de Veracruz “SASMEX® Veracruz”

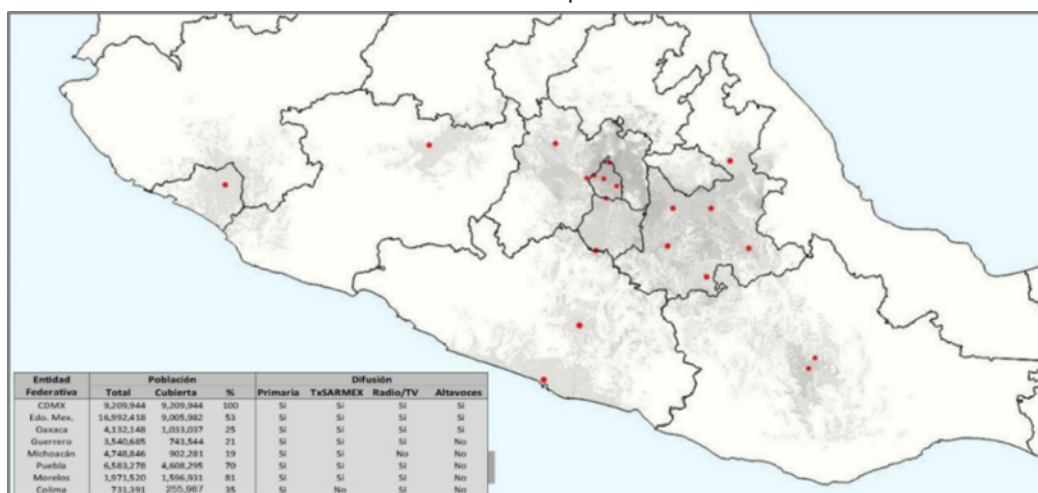
El Sistema de Alerta Sísmica Mexicano (SASMEX) inició operaciones en 1993. Fue el primero en transmitir alertas sísmicas tempranas a la población en general. Hoy, el conocido como SASMEX se integra por 96 estaciones de monitoreo distribuidas a lo largo de prácticamente toda la zona de subducción de México. El sistema también incluye instrumentos de movimiento fuerte que monitorean la sismicidad dentro de la placa de Cocos subducida. Estos sismos se localizan en el interior, cerca de los principales centros de población de México. Las estaciones de monitoreo están vinculadas a centros de control y distribución donde se reciben, decodifican y transmiten las alertas por una red de telecomunicaciones con sistemas redundantes. La difusión de las alertas de alerta temprana se realiza a través de receptores de radio de bajo costo, estaciones de televisión y radio suscritas y, en la Ciudad de México, por el sistema de altavoces instalados en las vialidades de las alcaldías de toda la ciudad. De 1993 a 2017, la red ha registrado 6,896 sismos y ha emitido 158 alertas sísmicas tempranas. Los ejemplos más recientes de alertas sísmicas exitosas, son los dos terremotos ocurridos en México en septiembre de 2017. En el caso del gran terremoto de Tehuantepec del 7 de septiembre de 2017 (Mw 8.2), SASMEX dio casi 2 minutos de advertencia antes de la llegada de las ondas sísmicas “S” (secundaria o destructiva) de movimiento fuerte a la Ciudad de México. El segundo caso fue el terremoto de Morelos del 19 de septiembre de 2017 (Mw 7.1). La corta distancia epicentral a la Ciudad de México de cerca de 120 km permitió solo unos pocos segundos de advertencia antes de la llegada de las ondas secundarias (S). (Suárez, 2018).

Sensores, Comunicaciones y Difusores de avisos de Alerta Sísmica del SASMEX®



A partir del sismo M8.1 en Michoacán del 19 de septiembre de 1985, el Gobierno del Distrito Federal, de acuerdo con propuestas sugeridas por especialistas que evaluaron los daños causados por ese sismo fuerte, estableció líneas de investigación y desarrollo para aprender y mitigar futuros desastres generado por este fenómeno. Por tal razón, el CIRES, con el auspicio principal del Gobierno de la Ciudad de México, quedó a cargo del desarrollo del Sistema de Alerta Sísmica de la Ciudad de México (SAS) cuya operación inició en agosto de 1991; posteriormente, y luego de los sismos del 15 de junio de 1999 en Puebla M6.9, y principalmente por el terremoto M7.4, de Puerto Ángel, Oax., el 30 septiembre de 1999, el Gobierno del Estado de Oaxaca, solicitó al CIRES, desarrollar el Sistema de Alerta Sísmica de Oaxaca (SASO), con una propuesta original de 24 estaciones sensoras de campo (ESDECAS), inició su servicio a finales de 2003 y, para lograr una mejor cobertura de la actividad sísmica del territorio, actualmente cuenta con 36 ESDECAS. Gracias a la iniciativa del Gobierno oaxaqueño, en 2004 fue suscrito un Convenio de Coordinación de Acciones entre los Gobiernos Federal, Oaxaca y el entonces Distrito Federal, para integrar las funciones y servicio del SAS y SASO conformando lo que actualmente se conoce como Sistema de Alerta Sísmica Mexicano (SASMEX®).

Cobertura territorial de difusión para avisos del SASMEX®.



Dado que las ondas sísmicas se propagan lentamente en comparación con las ondas de radio, es posible anticipar avisos para poder prevenir la llegada de los efectos peligrosos de un sismo. Las ondas de radio (espectro de radiocomunicación) viajan a la velocidad de la luz a 300 mil km/s, mientras que las ondas sísmicas de compresión “Primaria” (P) y de cortante “Secundaria o Destructiva” (S), se propagan en todas direcciones a partir del hipocentro (foco), a una velocidad de 8 y 4 km/s, respectivamente. Estas constantes físicas y la distancia entre el epicentro sísmico y la región vulnerable (población e

infraestructura), permiten ofrecer segundos de oportunidad para actuar y minimizar un posible desastre.

El SASMEX® está constituido por un conjunto de estaciones sensoras, un sistema de transmisión de datos y un sistema de análisis de información que ejecuta diferentes procedimientos cuando se detectan sismos cuyo pronóstico de magnitud es superior a 5.0. La activación de los avisos de alerta depende del pronóstico de rango (Magnitud) que cada estación sensora del sistema determina para el sismo en desarrollo, y de la distancia del sensor que avisa del fenómeno a la ciudad donde se pretende alertar. Así, un sismo de magnitud próxima a 5.0 podría generar un aviso de “Alerta Sísmica” en ciudades que se encuentren a no más de 250 Km de distancia del sensor, y no alertar en ciudades que se encuentren más distantes. Eventualmente los primeros avisos corresponden a las estaciones próximas al epicentro, pero dado el breve lapso de evaluación (estimación automática) de parámetros para determinar el pronóstico de magnitud, su incertidumbre es de al menos de ± 0.5 . El SASMEX® como sistema de alerta temprana, tiene una incertidumbre en la determinación del pronóstico de magnitud similar al logrado en otros sistemas de alerta del mundo.

Un sistema de alerta anticipada de sismos debe ser fiable, empero, como todo desarrollo tecnológico, tiene posibilidad aún pequeña, de presentar fallas que podrían causar falsas alertas o pérdida de avisos sobre algunos eventos sísmicos. No obstante, esta circunstancia, el Estado de Veracruz en términos de peligro sísmico, juega un papel importante para la población local como para las Entidades Federativas vecinas, por tal motivo, es pertinente instrumentar el territorio de modo tal que, sirva a la población local, con el fin de cubrir las acciones de Reducción de Riesgos de Desastres en la Fase de Preparación de la Gestión Integral del Riesgos y por ende, prevenir, evitar y/o minimizar las afectaciones, lesiones, víctimas mortales y los efectos adversos generados por sismos fuertes.

Por su parte, la Organización de las Naciones Unidas (ONU)⁸ cita que “La reducción de desastres empieza en la escuela”, y menciona que la educación sobre el riesgo de desastres y la seguridad de los edificios escolares, son dos de las áreas prioritarias para la acción que se definieron en el “Marco de Acción de Hyogo 2005-2015: Aumento de la Resiliencia de las Naciones y las Comunidades ante los Desastres”, adoptados por 168 gobiernos durante la “Conferencia Mundial sobre la Reducción de Desastres” realizada en enero de 2005.

8 Organización de las Naciones Unidas. Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres 2006-2007. Campaña Mundial para la Reducción de Desastres. “La reducción de desastres empieza en la escuela”. Preguntas frecuentes. Estados Unidos: ONU-UNESCO.

Este documento de la ONU expresa que las niñas y los niños se encuentran entre los grupos más vulnerables durante la ocurrencia de un desastre, especialmente aquellos que se encuentran en la escuela al momento de producirse. Adicionalmente, el proceso de aprendizaje sobre ¿cómo mitigar el riesgo de desastres en las escuelas primarias y secundarias?, contribuye a que las niñas y los niños desempeñen un papel importante cuando se trata de salvaguardar vidas y proteger a los miembros de la comunidad dada esta circunstancia. Así, además de su papel fundamental en la educación formal, los centros educativos también deben proteger a este grupo de personas en caso de que surja una amenaza natural. La inversión en el fortalecimiento de la infraestructura educativa antes de que se produzca un desastre reduce los costos y riesgos a largo plazo, proteger a las generaciones de nuestras niñas y niños y garantiza la continuidad posterior al desastre.

Es oportuno observar la referencia emitida por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS: United States Geological Survey por sus siglas en inglés), 1976, donde recomienda que sea el Estado la Entidad responsable de emitir los avisos de alerta para proteger a pobladores de una región sensible a un fenómeno peligroso.

Por otro lado, de acuerdo con la Regionalización Sísmica, México cuenta con cuatro Zonas de Peligro: A) Muy Baja Sismicidad, B) Baja Sismicidad, C) Sismicidad Moderada y D) Alta Sismicidad, para el Estado de Veracruz se tiene tres de cuatro de ellas, es decir: A) Muy Baja, B) Baja y C) Moderada Sismicidad, luego entonces, el peligro sísmico es común en la región costera del Golfo de México, en el Estado de Veracruz, así como los Estados colindantes.

Los sistemas de alerta sísmica son recursos tecnológicos útiles para anticipar avisos sobre el desarrollo de un sismo. En las ciudades consideradas a alertar por el SASMEX Veracruz, de-pendiendo de la localización de los hipocentros (focos) sísmicos, la emisión de una señal de alerta en escuelas, puede brindar segundos de anticipación importantes para efectuar con ma-yor eficacia acciones previas al arribo de las ondas sísmicas.

Regionalización sísmica en México. Fuente: Manual de Diseño de Obras Civiles (CFE 2015).



En ese sentido y considerando la velocidad de propagación de las ondas de radio (300,000 km/s) en comparación con las ondas sísmicas de compresión (P) y de cortante (S), (8 y cuatro km/s), es posible anticipar avisos sobre la llegada de efectos peligrosos de un sismo. Las ondas de radio son prácticamente instantáneas frente a las ondas sísmicas de compresión y de cortante, que se propagan desde el hipocentro (foco) a 8 y cuatro km/s, promedio, respectivamente. Esta característica física y la distancia entre el epicentro sísmico y un lugar vulnerable, pueden brindar segundos de oportunidad para actuar y mitigar un posible desastre. Los primeros mensajes sobre un sismo en desarrollo surgen en las estaciones sismo sensoras “Estaciones de Detección en Campo conocida como ESDECAS” más próximas al epicentro. Los datos del rango sísmico se determinan en cada estación, luego de analizar los arribos iniciales de su efecto en cada sitio. La evaluación de parámetros y el pronóstico de magnitud tienen incertidumbre estadística de ± 0.5 de magnitud, muy por encima de lo que logran otros sistemas de alerta en el mundo. Estas características permiten que el SASMEX anticipe el efecto de sismos que ocurren en la costa del pacífico y Estados colindantes con afectación al Estado de Veracruz, cuando se logra medir su inicio en sitios cercanos al epicentro y difundir sus avisos en regiones relativamente distantes.

1. Objetivos de la instrumentación del Sistema

Asegurar la emisión de los avisos de Alerta Sísmica, mediante la investigación científica y las acciones continuas de preparación preventiva, correctiva y de innovación tecnológica que garantice la función eficaz y eficiente del SAS-Veracruz, que permita a 8,062,579 habitantes⁹, aprovechar de una mejor manera el tiempo de oportunidad ante la ocurrencia de un sismo para prevenir, minimizar y/o evitar lesiones, víctimas mortales, afectaciones y daños, así como sus efectos adversos generados por sismos fuertes, reduciendo con ellos la vulnerabilidad en las Ciudades con infraestructura de Alerta Sísmica consideradas en el SASMEX-Veracruz.

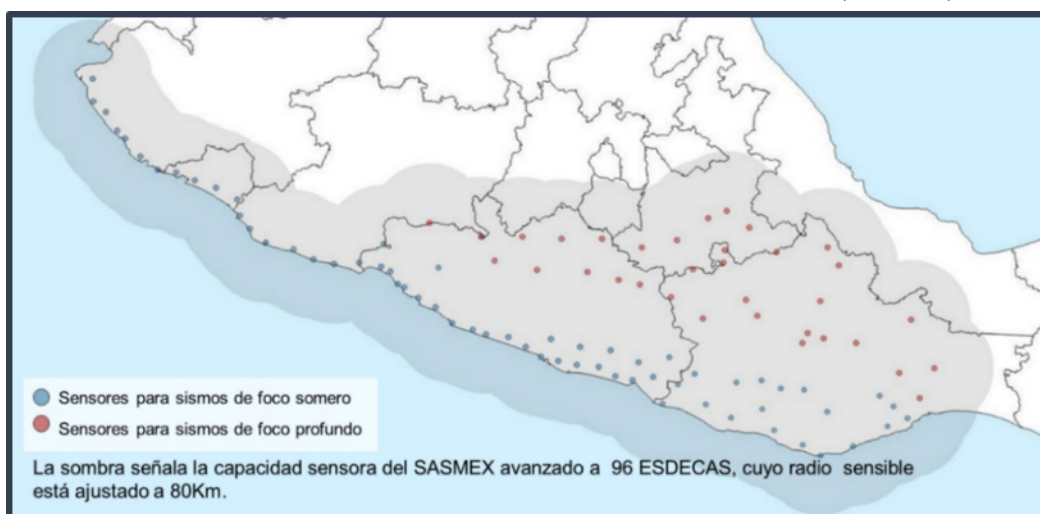
2. Descripción del SASMEX Veracruz

El servicio del SASMEX Veracruz aprovechará el desempeño de los sensores del SASMEX®, que actualmente auspician los Gobiernos de la CDMX y del Estado de Oaxaca, que reconocen y determinan un pronóstico de la magnitud del sismo en desarrollo, para advertir su peligro con avisos de Alerta.

Para el SASMEX Veracruz se propone integrarlo con al menos 16 Estaciones Sismo sensoras (ESDECAS), 7 Estaciones Repetidoras (ESREPES), dos Emisoras Alternas

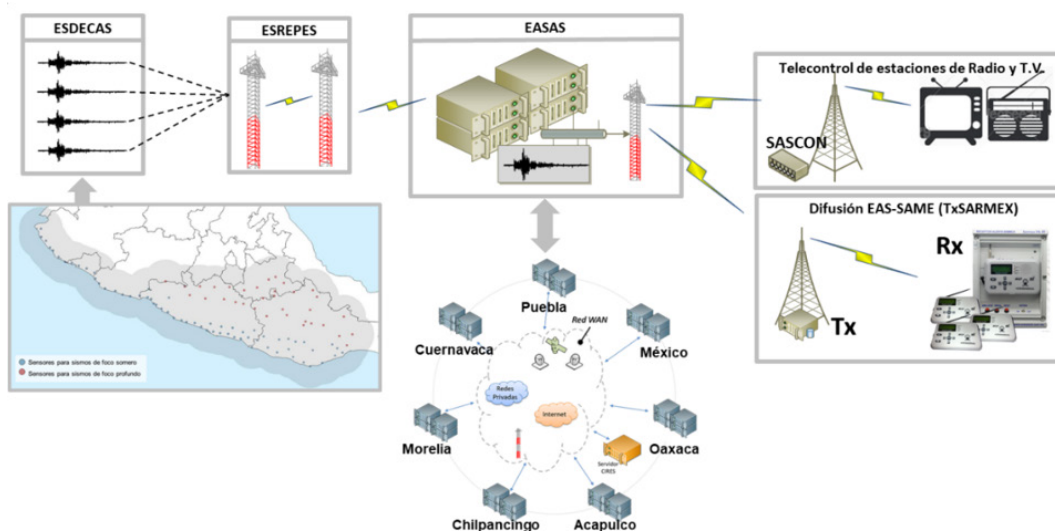
⁹ Fuente: Censo de Población y Vivienda INEGI-2020.

Cobertura sensible del SASMEX a movimientos sísmicos fuertes (M5.5 o >).



del Sistema de Alerta Sísmica (EASAS), cuatro receptores y conmutadores de audio para estaciones de ra-diodifusora y televisoras (SASCON) y 7 trasmisor EAS-SAME-SARMEX, en la Banda de VHF, para operar receptores portátiles NOAA (National Oceanic and Atmospheric Adminis-tration), Public Alert, SARMEX® (Sistema Alerta Riesgos Mexicanos), este último atributo, desarrollado por el CIRES para que la población vulnerable en regiones sensibles a los sismos entre otros fenómenos, puedan reaccionar en forma positiva y con oportunidad a los avisos de alerta por sismo.

Diagrama a bloques de la infraestructura del SASMEX® Veracruz

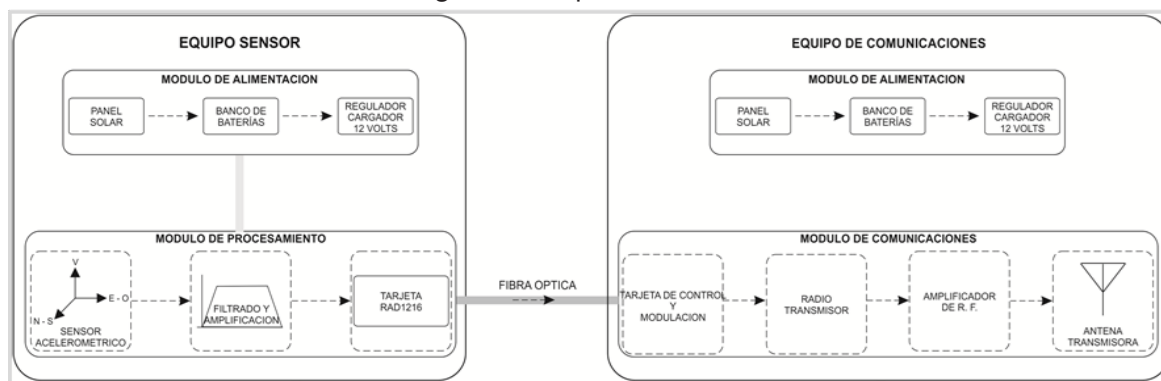


2.1 Estaciones sismos sensoras (ESDECAS)

Las ESDECAS están equipadas con acelerómetros computarizados dedicados a observar con-tinualmente el movimiento del terreno donde se asientan y por medio de un modelo matemá-tico (algoritmo de detección) discriminan los movimientos sísmicos de vibraciones locales que puedan generar tránsito de personas, animales, vehículos, etc. (ruido antropogénico). Asimismo, cuentan con un sistema trasmisor de radio en bandas de VHF y UHF para infor-mar regularmente sus parámetros de servicio o eventuales señales de alerta sísmica. Las ES-DECAS tienen rutas de comunicación que incluyen Estaciones Repetidoras (ESREPES) en número dependiente de la topografía de la ruta. Todas las ESDECAS tienen un diseño elec-trónico igual y difieren, según la región sísmogénica donde operan, del tipo de algoritmo que determina el rango del sismo en desarrollo. Cuando ocurre un sismo que en términos teóricos debiera activar el alertamiento, es decir, cuando menos dos ESDECAS deberán determinar y comunicar su rango para decidir la difusión oportuna de su alerta. El radio de cobertura de las ESDECAS y su umbral de reconocimiento se calibran sistemáticamente con el análisis de los acelerogramas sísmicos del acervo que genera el mismo sistema.

La propuesta de ubicación en campo de las ESDECAS está determinada por las Zonas Sismo-génicas más importantes, sin embargo, para efectos operacionales, pueden reubicarse o en su caso aumentar el número de ESDECAS de tal manera que, se tengan estaciones lo más cer-cano posible a los epicentros de sismos históricos de importancia.

Diagrama a bloques de la ESDECA



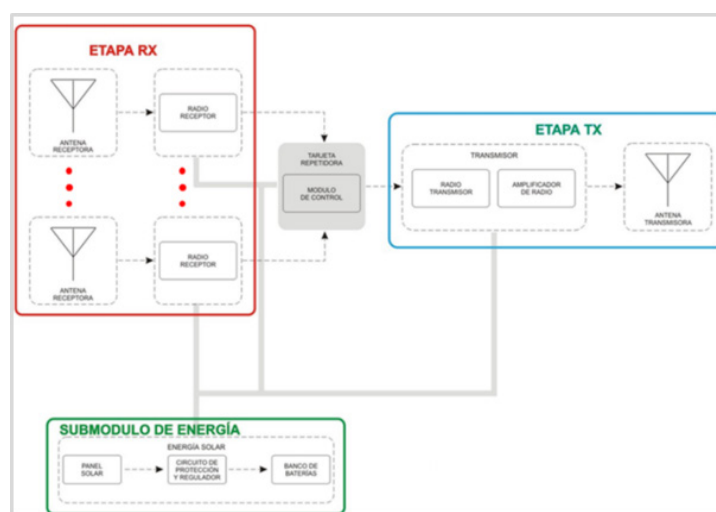
Ubicación en campo propuesta de las ESDECAs del SASMEX® Veracruz



2.2 Estaciones repetidoras (ESREPES)

La ESREPE permite el enlace de cualquier ESDECA hasta la EASAS a través de enlaces dedicados de radiofrecuencias en las bandas UHF y VHF para difundir la información necesaria sobre los sismos peligrosos en desarrollo. Dada la necesidad de comunicar oportunamente los eventuales avisos de alerta por sismo fuerte, estas vías de comunicación son 100% redundantes, para asegurar un servicio de 24 horas-día-año. Cada ESREPE cuenta hasta con cuatro radios receptores que reciben la información que generan las ESDECA y su acceso al radio transmisor es administrado por medio de una tarjeta de control.

Diagrama a Bloques de la ESREPE

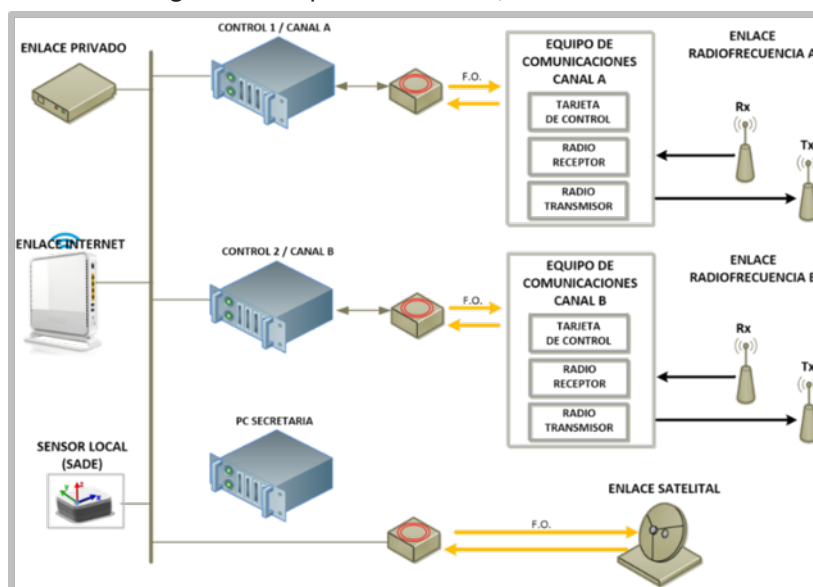


2.3 Emisora Alternativa del Sistema de Alerta Sísmica, EASAS

El SASMEX® Veracruz se integrará al SASMEX® mediante una EASAS, la cual se enlazará con las EASAS de las Ciudades de: Morelia, Acapulco, Chilpancingo, Oaxaca, Puebla, Colima y Ciudad de México, a través de un enlace dedicado y un enlace de comunicación vía satelital.

La EASAS es un sistema computarizado regional que concentra y analiza los mensajes provenientes de los sensores del SASMEX® y genera oportunamente la señal de alerta sísmica. Durante la ocurrencia de un sismo, cada sensor envía sus parámetros preliminares a la EASAS, ésta determina si el sismo en desarrollo tendrá efectos en la ciudad a alertar, considerando la distancia a las ESDECAS con registro y el pronóstico de magnitud enviado. Cuando se determinan efectos moderados o fuertes se emite de forma automática la señal de alerta sísmica para advertir sobre este peligro a la población y para telecontrolar la emisión de las estaciones comerciales de radio y televisión que difunden este servicio público para advertir a su audiencia sobre este peligro.

Diagrama a bloques de la EASAS, difusión Primaria



La EASAS contará con equipos redundantes de cómputo, transmisores para difundir señales de alerta sísmica y un sistema de respaldo de energía eléctrica. Entre otras funciones que tiene la EASAS es administrar los programas regulares de autosupervisión para evaluar el desempeño de las estaciones del SASMEX® y superar cualquier anomalía operativa.

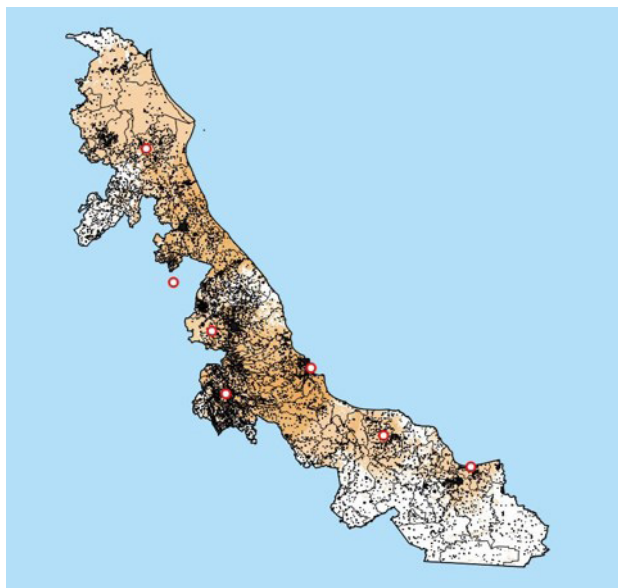
2.4 Conmutadores de Audio (SASCON)

Los SASCON son receptores dedicados telecontrolados por la EASAS para difundir los avisos de Alerta Sísmica en las estaciones comerciales de radio y televisión. Tienen la función de conmutar la señal de la emisión habitual por la emisión del audio de la alerta sísmica en el momento que reciba el código de Alerta Sísmica enviado desde la EASAS, se incluye cuatro SASCON en esta propuesta.

2.5 Transmisor (TxEAS-SAME)

Los TxEAS-SAME son equipos de operación continua en la banda de VHF desarrollados para comunicar avisos de emergencia en regiones específicas mediante protocolos estandarizados, abiertos y públicos del EAS-SAME. La EASAS telecontrola a los transmisores de códigos EAS-SAME para difundir las señales de alerta sísmica que captan los receptores del Sistema de Alerta de Riesgos Mexicano (SARMEX®).

Propuesta de ubicación de los 7 trasmisores (círculos) EAS-SAME-SARMEX® del SASMEX® Veracruz



3. Actividades a desarrollar

Para integrar las funciones y servicio del SASMEX® en el Estado de Veracruz, el CIRES realizará los trabajos necesarios para instalar 16 Estaciones Sismosensoras (ESDECAS), 7 Estaciones Repetidoras (ESREPES), dos Emisoras Alternas del Sistema de Alerta Sísmica (EASAS), cuatro receptores y conmutadores de audio para estaciones de radiodifusora y televisoras (SASCON) y 7 trasmisores EAS-SAME-SARMEX®.

Instalación de 16 ESDECAS y 7 ESREPES

Para la detección del peligro sísmico en la región sísmica en el Estado de Veracruz se considera instalar 16 ESDECAS, la ubicación y cantidad definitiva de ESDECAS será determinada por especialistas en Sismología, Geología y Geofísica, previo estudio del terreno en los lugares propuestos y consideraciones sísmicas históricas de cada región, para lograr la comunicación hacia la EASAS se tiene considerado instalar 7 puntos de repetición (ESREPES).

Las actividades a desarrollar son las siguientes:

- Estudios para la localización de 16 ESDECAS,
- Estudios para la localización de 7 ESREPES,
- Pruebas de comunicación ESDECAS-ESREPES,
- Solicitud de permisos de instalación de ESDECAS y ESREPES,
- Adquisición de componentes y equipos,
- Calibración de equipos en laboratorio,
- Fabricación tarjetas de ESDECAS y ESREPES,
- Maduración de equipos y tarjetas,
- Obra civil de ESDECAS y ESREPES,
- Instalación y pruebas locales de ESREPES,
- Instalación y pruebas locales de ESDECAS, y
- Pruebas generales y puesta en servicio de ESDECAS y ESREPES.

Actividades a desarrollar para habilitar la difusión de los avisos del SAS-Veracruz:

Para la difusión de los avisos del SASMEX® Veracruz se instalará dos EASAS, una en la Capital Xalapa, y otra en ciudad de Coatzacoalcos, que telecontrolarán los 7 transmisores EAS-SAME-SARMEX® que se instalará en sitios de comunicaciones para cubrir a la mayoría del territorio del Estado de Veracruz. Los sistemas de difusión, tienen como función primordial diseminar la alerta sísmica y activar sistemas automáticos orientados a reducir riesgos a la población.

La difusión de avisos por medio de los transmisores EAS-SAME-SARMEX®, utiliza un sistema de comunicación en radio frecuencia multi-alerta que opera en la banda de VHF, consiete frecuencias específicas para emergencia y protocolos abiertos con la capacidad de difundir 80 avisos distintos de amenazas de diversa índole. Este sistema parte del sistema NWR-SAME (National Weather Radio/ Specific Area Message Encoding), Public Alert) y del standard EAS (Emergency Alert System), desarrollados para el Sistema de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) y la Federal Emergency Management Administration (FEMA) de Estados Unidos. El receptor SARMEX® presenta

mejoras respecto de los receptores EAS-SAME comerciales: sonido oficial de alerta sísmica integrado, interrumpe cualquier aviso de emergencia cuando se recibe esta alerta y activa inmediatamente el sonido al recibir el código correspondiente. Todo esto sin detrimento de las funciones y operación normal del receptor, de acuerdo a la normatividad internacional vigente. Reiteramos que, con esta tecnología y sistema de comunicación para sismos y avisos de emergencias, se podría escalar para poder administrar y difundir otro tipo de avisos de fenómenos perturbadores en curso.

Para la instalación de la EASAS y del Transmisor -EAS-SAME- SARMEX®, esta propuesta considera apoyarse y hacer uso de la infraestructura de telecomunicaciones con la que cuenta el Estado de Veracruz:

- Torre autosoportada o arriostrada,
- Sistema de tierra física,
- Caseta de comunicaciones,
- Caseta de cómputo,
- Planta de emergencia,
- Acometida, y
- Sistema de aire acondicionado.

2.2.1. Fabricación, suministro e instalación de dos EASAS

Las actividades a desarrollar son las siguientes:

- Levantamiento para la instalación de dos EASAS,
- Estudios de comunicación para las EASAS,
- Levantamiento para los SASCON,
- Estudios de comunicación para los SASCON,
- Adquisición de componentes y equipos,
- Calibración de equipos en laboratorio,
- Fabricación tarjetas para las EASAS y SASCON,
- Maduración de equipos y tarjetas,
- Instalación de las EASAS,
- Instalación de los SASCON,
- Establecer la conectividad con servicio de red SER-IP,
- Pruebas integrales de equipos de comunicaciones,
- Instalar el SADE de sitio en cada EASAS, y
- Pruebas a las conexiones de enlaces dedicados.

A continuación, se enlistan los módulos principales que conformarán la EASAS:

- a) Sistema de Radio comunicación,

- b) Sistema Monitor y Generador de Alertas,
- c) Sensor de monitoreo local,
- d) Enlace satelital,
- e) Enlace dedicado, y
- f) Enlace vía Internet.

Para los trabajos de instalación de los cuatro SASCON, las autoridades del Estado de Veracruz indicarán la ubicación física de las estaciones de televisión y radio, para realizar los levantamientos en sitio y realizar los estudios de enlace de comunicaciones.

2.2.2. Diseño del sistema, preparación y maduración de los 7 TxSARMEX-EAS-SAME

Las actividades a desarrollar son las siguientes:

- Levantamiento del sitio posible para el transmisor,
- Pruebas de comunicaciones,
- Pruebas de cobertura y línea de vista,
- Adquisición de componentes y equipos,
- Calibración de los equipos de radio en laboratorio,
- Maduración de equipos y tarjetas,
- Pruebas integrales de los equipos de radio,
- Pruebas integrales del transmisor,
- Pruebas a las conexiones de enlaces privados,
- Instalación y pruebas locales de los difusores de alertas, y
- Pruebas integrales y puestas en servicio de los transmisores.

A continuación, se enlistan los módulos principales que conformaran el transmisor secundario EAS-SAME, para múltiple alertamiento, incluida la alerta sísmica:

- a) Transmisor EAS-SAME-SARMEX®,
- b) Antenas y Líneas de Tx y Rx,
- c) Interface de Protocolo SASMEX a Protocolo EAS-SAME,
- d) Administrador y reproductor de Mensajes de Audio,
- e) Consola KVM,
- f) Switch de Datos,
- g) Radio enlace de microondas, y
- h) Sistema de Fuerza (rectificador, convertidor, inversor y baterías).

3. Periodo de ejecución

	Mes1	Mes2	Mes3	Mes4	Mes5	Mes6	Mes7	Mes8	Mes9	Mes10	Mes11	Mes12
--	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-------	-------	-------

[illegible]

Tabla 3. Inversión para instalar el SASMEX-Veracruz

Unidad	Descripción	Precio unitario	Monto (millones de pesos)
16	Estación Sismos sensora (ESDECAS)	1.22	19.52
7	Estación Repetidora (ESREPES)	1.00	6.98
2	Emisora Alternativa del Sistema Alerta (EASAS)	9.69	19.37
7	Transmisor SARMEX (TxSARMEX-EAS-SAME)	5.87	41.09
		Subtotal:	86.95
		IVA:	0.00
		Total:	86.95

5. Forma de pago

El Gobierno del Estado de Veracruz deberá cubrir el importe total de este presupuesto al finalizar las actividades para integrar las funciones y servicio del SASMEX® para Veracruz, contra el informe de conclusión de actividades. Los montos por pagar se muestran en el Programa Financiero de la Tabla 4.

Tabla 4. Programa Financiero para instalar el SASMEX® - Veracruz [M\$]

Anticipo 40%	Primer pago 20%	Segundo pago 20%	Tercer pago 20%	Total
34.78	17.39	17.39	17.39	86.95
Inicio del proyecto	mes 4	mes 8	mes 12	

6. Condiciones generales

El Gobierno del Estado de Veracruz deberá:

- Solicitar a los Gobiernos de la Ciudad de México y del Estado de Oaxaca, a través del Instituto para la Seguridad de las Construcciones del Gobierno de la CDMX y la Coordinación Estatal de Protección Civil del Estado de Oaxaca, respectivamente, autorización para recibir la señal del sistema integrado y poder difundir la Señal de la Alerta Sísmica a la población del Estado de Veracruz.
- Asignar una persona que funja de enlace entre esa dependencia designada y el CIRES para coordinar todas las actividades relativas a esta propuesta.
- Otorgar al CIRES los permisos para disponer del espacio suficiente en sus propias instalaciones y para el uso de la infraestructura necesaria para la instalación y operación de la EASAS y del transmisor EAS-SAME-SARMEX®.

- Gestionar los permisos para disponer del espacio suficiente y del uso de la infraestructura necesaria para la instalación de las ESDECAS y ESREPES una vez seleccionados los sitios.
- Gestionar los permisos para disponer del espacio suficiente y del uso de la infraestructura necesaria ante las Televisoras y Radiodifusoras para la instalación de los SASCON.

El CIRES deberá:

- Realizar soporte técnico remoto las 24 horas, los 7 días de la semana, durante la vigencia del contrato, el cual consistirá en el monitoreo permanente del sistema, a través del Gerente de Operación y Conservación del SASMEX®, para recibir avisos sobre cualquier anomalía en el funcionamiento del sistema. Los reportes de operación deberán ser canalizados a través de él en los teléfonos: (55) 56874582 o (55) 56874542, Ext 117, correo electrónico gerencia.sasmex@cires-ac.mx.
- Iniciar las actividades programadas a partir de la firma del contrato, el pago se realizará contra entrega del sistema, como lo muestra en la Tabla tres.
- Garantizar los equipos suministrados en este proyecto durante un año contra fallas no causadas por mal uso de estos, sin embargo, es necesario elaborar un programa de actividades de operación y conservación para garantizar que el sistema operará en forma correcta al ocurrir un sismo. Para ello recomendamos, una vez concluido el lapso del año de garantía, contratar el servicio anual de operación y conservación del sistema, este recurso incluye tres vistas de conservación al año y la actualización regular de sus elementos que evitará su obsolescencia.

7. Condiciones específicas

- Esta propuesta tiene validez (periodo de tiempo a definir).
- En caso de ocurrir atrasos por causas ajenas (ejemplo condiciones meteorológicas) a las actividades bajo la responsabilidad del CIRES, se revisarán las fechas del programa general de actividades sin responsabilidad para el CIRES.
- Cambios superiores al 5% que ocurran en la paridad peso dólar o el índice nacional de precios del consumidor, antes de cubrir los pagos que indica el programa financiero, causarán un ajuste en el monto pendiente de cobro en esta oferta.
- El pasado 12 de enero de 2021, se publicó en el Diario Oficial de la Federación (D.O.F.) el listado de Asociaciones autorizadas para recibir donativos para el ejercicio fiscal 2021, por lo que el CIRES, como donataria autorizada, le es aplicable el Artículo 15 de la Ley del IVA Fracción VII, que exenta los actos y actividades de las donatarias autorizadas.

“Artículo 15.- No se pagará el impuesto por la prestación de los siguientes servicios...
VII. Los prestados por las personas morales autorizadas para recibir donativos deducibles para los efectos del impuesto sobre la renta...”

Por lo anterior se hace de su conocimiento ya que los CFDI que emite este CIRES a partir del 1° de enero de 2020 no desglosa el Impuesto al Valor Agregado (IVA).

Conclusiones

Tomando en consideración que el riesgo sísmico en el Estado de Veracruz representa un peligro importante para la población e infraestructura productiva, es imprescindible gestionar la ampliación e instrumentación del Sistema de Alerta Sísmico Mexicano (SASMEX®) para Veracruz, beneficiando a 8,062,579 habitantes, sino también a las poblaciones de las Entidades Federativas colindantes, incluyendo a algunas más distantes; asimismo, y debido a que el Sistema de Alerta fue concebido en forma integral y su funcionamiento es autónomo, en algunas ocasiones se alertará de sismos generados en la región y costa de Veracruz, y en otras, en forma viceversa cuando se generen en otras regiones sismogénicas.

A partir de la Infraestructura del SASMEX Veracruz, se estará en la posibilidad de alertar a la población a través de los medios masivos de comunicación (radio y televisión) en forma automática, y en breve, en forma masiva a través de la telefonía “Cell Broadcast” mediante una plataforma informática con la emisión masiva de mensajes cortos de emergencia (SMS) a cada uno de los teléfonos móviles que se encuentre en una zona determinada, con el fin de realizar la evacuación en forma segura y ordenada hacia lugares de menor riesgo, así como detener los procesos de producción de forma automática, paulatina y confiable.

Referencias

- CIRES. (1990). Sistema de Alerta Sísmico Mexicano. En: http://www.cires.org.mx/sasmex_n.php
- Francisco Córdoba-Montiel, (2010). Estimation of ground motion in Xalapa, Veracruz, Mexico during the 1920 (M~6.4) crustal earthquake, and some significant intraslab earthquakes of the last century
- Ley General de Protección Civil. Última Reforma D.O.F. 21/XII/2023.
- Ley N° 856 de Protección Civil y la Reducción del Riesgo de Desastres para el Estado de Veracruz. Última Reforma G.O. 28/II/2020.
- Leyva, F., (2020). Programa Específico de Protección por Sismos en el Estado de Veracruz. En: <https://www.veracruz.gob.mx/proteccioncivil/programa-especial-por-sismos-en-el-estado-de-veracruz-2/>
- SSN y UNAM. Cien Años de Sismicidad en México. En: <https://usuarios.geofisica.unam.mx/vladimir/sismos/100a%F1os.html>
- SSN-UNAM. Estadística de los Sismos Reportados por el SSN. En: <http://www.ssn.unam.mx/sismicidad/estadisticas/>
- Suárez, G., (1991). "El sismo de Xalapa del 3 de enero de 1920", Revista de Ingeniería Sísmica, SMIS, # 42, México D.F.
- Suárez, G., David, A. Novelo-Casanova (2018). A Pioneering Aftershock Study of the Destructive 4 January 1920 Jalapa, Mexico, Earthquake
- Suárez, G., J. M. Espinosa-Aranda, Armando Cuéllar, Gerardo Ibarrola, Armando García, Martín Zavala, Samuel Maldonado, and Roberto Islas, (2018). A Dedicated Seismic Early Warning Network: The Mexican Seismic Alert System (SASMEX).
- Suter, M., Carrillo-Martínez, M., y Quintero-Legorreta, O., (1996). Macroseismic study of shallow earthquakes in the central and eastern parts of the Trans-Mexican Volcanic Belt, Mexico: Seismological Society of America, Bulletin, v. 86, núm. 6.
- U.S. Geological Survey, 1976. Earthquake Forecasting And Warning, T Rikitake, 1982, ISBN 90-277-1218-2)
- Vladimir Kostoglodov y Javier Francisco Pacheco, (1999). Cien Años de Sismicidad en México.

Anexos

Peligro sísmico en el estado de Veracruz. Leyva, F., (2020).



Descripción del Mapa de Regionalización Sísmica de Veracruz¹

Zona A.- Corresponde al Peligro Bajo, esta zona se ubica principalmente en la parte Norte de la Entidad, colindando al Norte con el Estado de Tamaulipas, al Noreste con el Estado de Hidalgo, delimitado por el transepto de localización con las siguientes coordenadas: AB1 Norte -98.575 Oeste 21.676 y AB2 Norte -97.681 Oeste 21.666.

Zona B.- Corresponde al Peligro Moderado y comprende desde el Norte de la Entidad desde el transepto de localización: AB1 Norte -98.575 Oeste 21.676 y AB2 Norte -97.681

¹ Fuente: Análisis Espacial en el Atlas Estatal de Riesgos de Veracruz.

Oeste 21.666, hasta el Sur de Veracruz delimitado por el transepto de localización: BC1 Norte -96.276 Oeste 18.287, BC2 Norte -95.339 Oeste 18.131, BC3 -94.525 Oeste 17.877 y BC4 Norte -93.959 Oeste 17.833.

Zona C.- Corresponde al Peligro Alto, desde el transepto de localización: BC1 Norte -96.276 Oeste 18.287, BC2 Norte -95.339 Oeste 18.131, BC3 -94.525 Oeste 17.877 y BC4 Norte -93.959 Oeste 17.833, hasta el límite del Sur de Veracruz, colindando al Sureste con los Estados de Tabasco y Chiapas, y al Suroeste y Sur con el Estado de Oaxaca.

Información demográfica de las Zonas Sísmicas A, B, y C en el Estado de Veracruz.
Leyva, F., (2020)

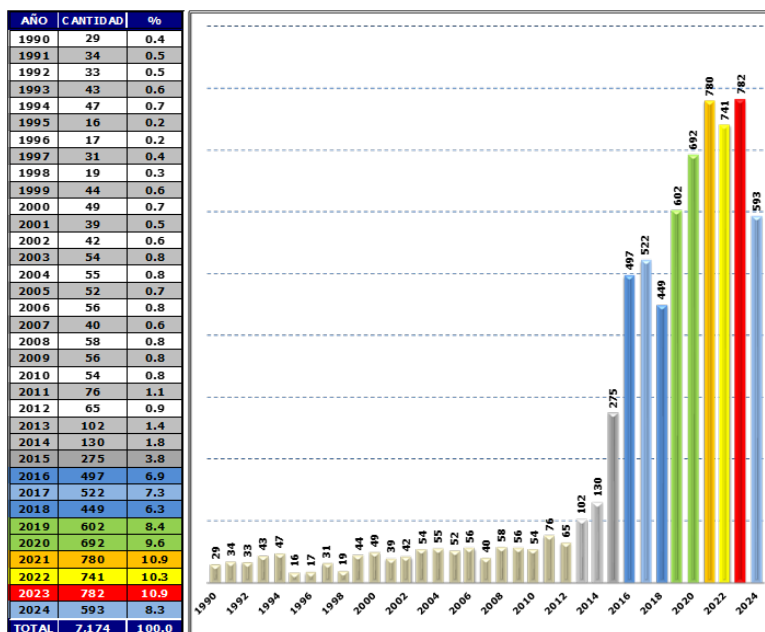
Zona "A" peligro bajo		
Características	U. de medida	Observación
Superficie	6,395.69 Km ²	9.01% del territorio veracruzano
Municipios	9	Chontla, El Higo, Ozuluama, Pánuco, Pueblo Viejo, Tamiahua, Tampico Alto, Tantoyuca y Tempoal.
Ciudades medias	0	Ninguna
Localidades	1,611	No especificado

Zona "B" peligro moderado		
Características	U. de medida	Observación
Superficie	49,209.68 Km ²	66.75% del territorio veracruzano
Municipios	199	No especificado.
Ciudades medias	8	Boca del Río, Coatzacoalcos, Córdoba, Orizaba, Minatitlán, Poza Rica de Hidalgo, Veracruz y Xalapa
Localidades	15,686	No especificado

Zona "C" peligro alto		
Características	U. de medida	Observación
Superficie	17,209.63 Km ²	24.24% del territorio veracruzano
Municipios	26	No especificado.
Ciudades medias	0	Ninguna
Localidades	3,531	No especificado

Nota: La sumatoria de municipios de las tres zonas de peligro (234), no corresponden al total de municipios con que cuenta el Estado de Veracruz (212), esto se debe a que, lo límites de las zonas de peligro no siguen los límites de las demarcaciones políticas territoriales municipales, por lo que, habrá municipios que se encuentre en dos zonas de peligro por sismo a la vez.

Incidencia de Sismos en el Estado de Veracruz 1990-2024² Todas las magnitudes, periodo Ene/1990-Ago/2024



PROMEDIO/SISMOS/DÍA		* Mag. No Calculable	INTERVALO DE MAGNITUD							TOTAL
			0.1 - 2.9	3.0 - 3.9	4.0 - 4.9	5.0 - 5.9	6.0 - 6.9	7.0 - 7.9	8.0 & >	
1990	0.1	0	0	11	18	0	0	0	0	29
1991	0.1	0	0	5	28	1	0	0	0	34
1992	0.1	0	0	6	27	0	0	0	0	33
1993	0.1	0	0	10	33	0	0	0	0	43
1994	0.1	0	0	2	12	33	0	0	0	47
1995	0.0	0	0	5	11	0	0	0	0	16
1996	0.0	0	0	3	14	0	0	0	0	17
1997	0.1	0	0	6	25	0	0	0	0	31
1998	0.1	0	0	7	11	1	0	0	0	19
1999	0.1	0	0	0	26	18	0	0	0	44
2000	0.1	0	0	2	19	28	0	0	0	49
2001	0.1	0	0	0	15	24	0	0	0	39
2002	0.1	0	0	0	26	16	0	0	0	42
2003	0.1	0	0	0	35	19	0	0	0	54
2004	0.2	0	0	0	34	19	2	0	0	55
2005	0.1	0	0	0	24	28	0	0	0	52
2006	0.2	0	0	0	42	14	0	0	0	56
2007	0.1	0	0	0	10	28	2	0	0	40
2008	0.2	0	0	0	30	28	0	0	0	58
2009	0.2	0	0	0	29	26	1	0	0	56
2010	0.1	0	0	0	22	32	0	0	0	54
2011	0.2	0	0	1	35	38	1	1	0	76
2012	0.2	0	0	0	36	29	0	0	0	65
2013	0.3	0	0	0	70	32	0	0	0	102
2014	0.4	0	0	1	92	34	2	1	0	130
2015	0.8	0	0	0	184	91	0	0	0	275
2016	1.4	0	0	3	412	80	2	0	0	497
2017	1.4	0	0	0	432	89	1	0	0	522
2018	1.2	0	0	0	346	102	1	0	0	449
2019	1.6	0	0	1	494	104	3	0	0	602
2020	1.9	0	0	4	554	134	0	0	0	692
2021	2.1	0	0	0	677	102	1	0	0	780
2022	2.0	0	0	2	624	114	1	0	0	741
2023	2.1	0	0	2	673	107	0	0	0	782
2024	2.4	0	0	3	513	77	0	0	0	593
TOTALES 34 AÑOS:		0	24	5,027	1,509	19	2	0	0	6,581
% DE INTERVALO DE MAG.		0.0	0.4	76.4	22.9	0.3	0.03	0.0	0.0	100.0
PROMEDIO/SISMOS/AÑO		0	1	1.48	4.4	0.6	0.06	0.0	0.0	19.4
TOTALES 34 AÑOS 8 MESES:		0	27	5,540	1,586	19	2	0	0	7,174
% DE INTERVALO MAG.		0.0	0.4	77.2	22.1	0.3	0.03	0.0	0.0	100.0

W. Baez, Universidad Nacional Autónoma de México, I. C. G., Servicio Sismológico Nacional. (2024). Catálogo de sismos. Extraído de <http://www2.ssn.unam.mx/2024/catalogo/>

2 Catálogo de sismos. Extraído de <http://www2.ssn.unam.mx:8080/catalogo/> y Análisis Estadístico de Sismos en Veracruz. Leyva, F., (2024).

Acrónimos

CIRES	Centro de Instrumentación y Registro Sísmico A.C.
EASAS	Emisora Alterna del Sistema de Alerta Sísmica
ESDECAS	Estaciones Sismo sensoras o Estaciones de Detección en Campo
ESREPES	Estaciones Repetidoras
GIR	Gestión Integral de Riesgos
RRD	Reducción de Riesgos de Desastres
SAS	Sistema de Alerta Sísmica
SASCON	Conmutadores de Audio
SASMEX®	Sistema de Alerta Sísmico Mexicano
SARMEX®	Sistema de Alerta de Riesgos Mexicano
SASO	Sistema de Alerta Sísmica de Oaxaca
TxEAS-SAME	Transmisor