

Sismo M7.4 de junio 23 de 2020: Resultados del Sistema de Alerta Sísmica Mexicano, **SASMEX**, y de la Red de Acelerómetros de la Ciudad de México, **RACM**

JM Espinosa, A Uribe, B Frontana, H Rodríguez, S Maldonado, A García, R Islas, A Cuéllar, L Camarillo y G Ibarrola

El 23 de junio de 2020 a las 10:29:02 horas (tiempo del centro de México), ocurrió un sismo en las costas de Oaxaca, a 23 km al sur de Crucecita, Oax., de magnitud **M 7.4**, en las coordenadas 15.57 latitud norte y 96.09 longitud oeste, a 5 km de profundidad, **Figura 1**, según determinaciones aportadas por el Servicio Sismológico Nacional (<http://www.ssn.unam.mx/>).

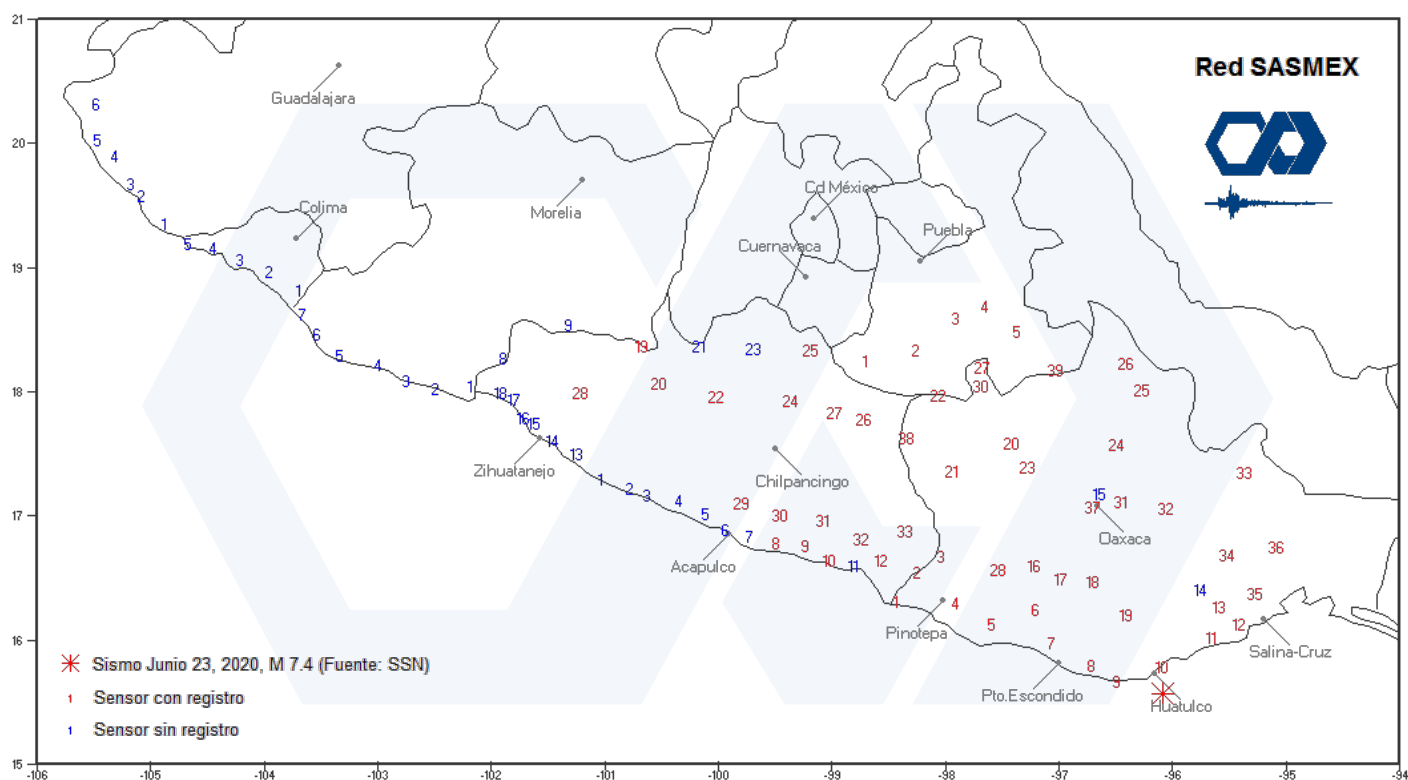


Figura 1.- Epicentro del sismo M7.4 de junio 23 de 2020 y sensores del SASMEX que lo registraron.

El SASMEX® registró este evento con 58 de los 96 sensores que componen su Red de Monitoreo, según muestra la **Figura 1**. De las **Figuras 2** a la **9** podemos ver los acelerogramas logrados con los sensores del SASMEX® más próximos a su posible foco sísmico, estimado con datos oficiales del SSN.



Acelerogramas del sismo M7.4, de junio 23 de 2020, medidos con algunas estaciones del SASMEX próximas al foco.

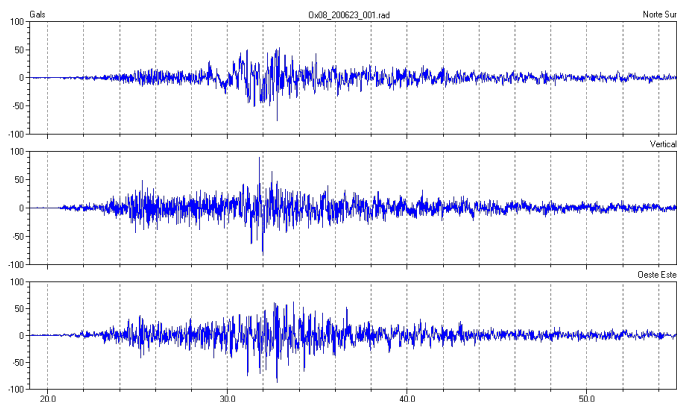


Figura 2.- OX08, Rivera de Tonameca, 42208

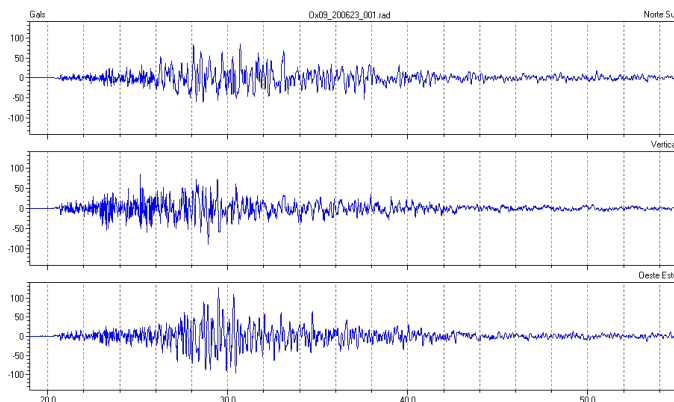


Figura 3.- OX09, Puerto Ángel, 42209

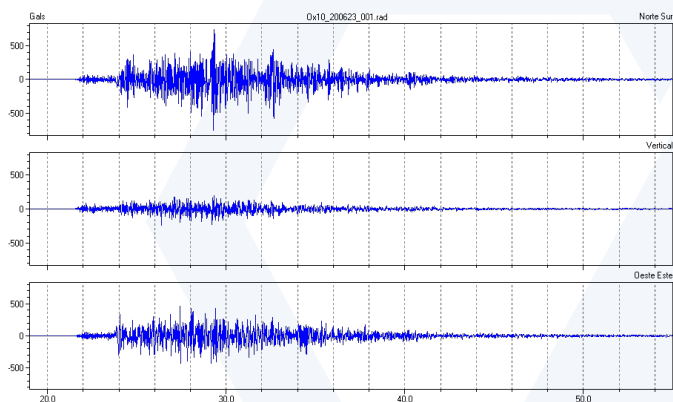


Figura 4.- OX10, Tangolunda, 42210

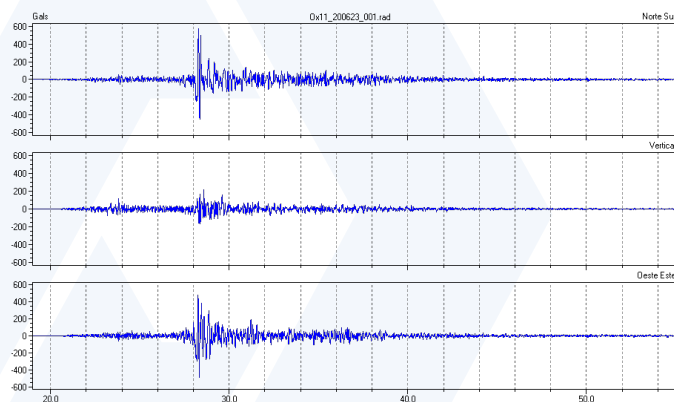


Figura 5.- OX11, Huamelula, 42211

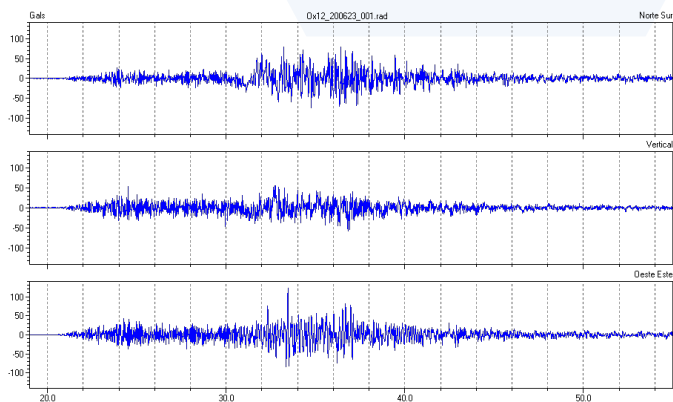


Figura 6.- OX12, Mazatán, 42212

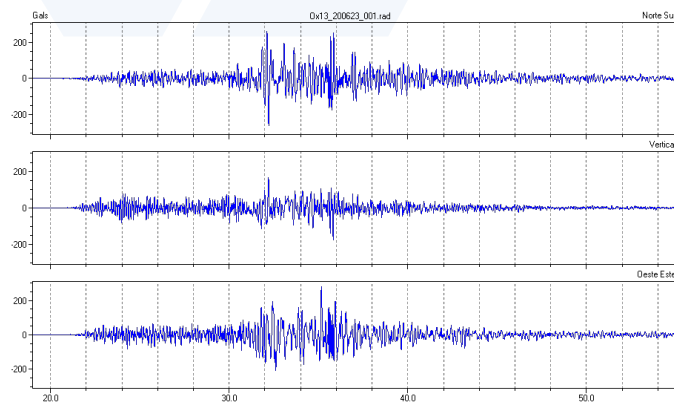


Figura 7.- OX13, Tenango, 42213

Acelerogramas del sismo M7.4, de junio 23 de 2020, medidos con algunas estaciones del SASMEX próximas al foco.

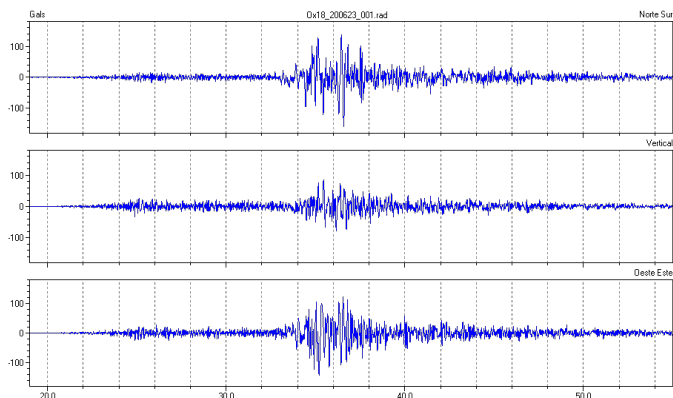


Figura 8.- Ox18, Guixé, 42218

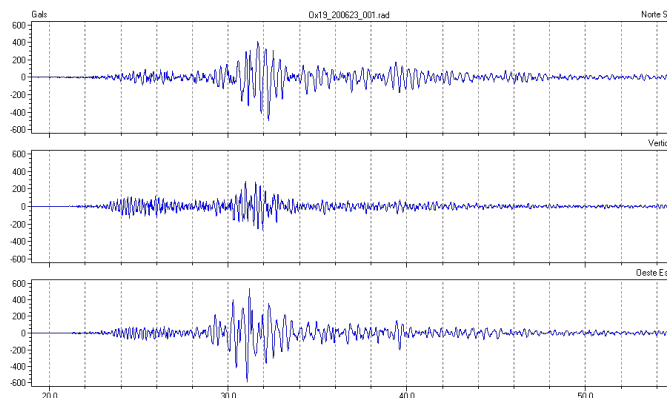


Figura 9.- Ox19, Cieneguilla, 42219

En los registros destacan las aceleraciones pico máximas obtenidas en los sitios Ox10, con 754 Gals, y Ox19 con 584 Gals, consignadas en la **Tabla 1**.

Sensor	Distancia, km	Pico absoluto máximo, Gal		
		N - S	Ve	O - E
Ox10	23	754	237	463
Ox09	45	84	88	126
Ox11	67	570	212	489
Ox19	79	499	283	584
Ox08	72	76	89	88
Ox13	93	260	177	278
Ox12	94	79	57	121
Ox18	120	158	85	143

Tabla 1.- Aceleraciones pico máximas registradas en los sensores del SASMEX más cercanos al foco del sismo M7.4 de junio 23 de 2020.

La **Tabla 2** nos muestra los tiempos aproximados del arribo de las fases sísmicas principales a distintas Ciudades, según sus coordenadas y distancia al foco.

Ciudad	Distancia, km	Tiempo de Viaje (segundos)	
		P (8 km/s)	S (4 km/s)
Oaxaca de Juárez, Oax	178	22	45
Chilpancingo de los Bravo, Gro	425	53	106
Acapulco, Gro	430	54	108
Puebla de los Ángeles, Pue	446	56	112
Cuautla, Morelos	470	59	118
Pto Veracruz, Ver	470	59	118
Tlaxcala, Tlax	473	59	118
Cuernavaca, Morelos	500	63	125
CdMx	537	67	134
Toluca, Edo México	559	70	140
Morelia, Michoacán	708	89	177

Tabla 2.- Distancia entre el foco del sismo M7.4 y algunas ciudades del País, con tiempos de viaje para fases P y S.

La **Figura 10** muestra los acelerogramas de los sensores **Ox10** y **Ox09**; que sirvieron para activar la señal de “**Alerta Sísmica**” en las ciudades con la función de avisos del SASMEX y prevenir a sus pobladores. Son los acelerogramas sísmicos de los 3 ejes de medición: Norte – Sur, Vertical y Oeste – Este. Muestra líneas verticales para indicar instantes críticos del proceso; detección de fases y la liberación del aviso de advertencia.

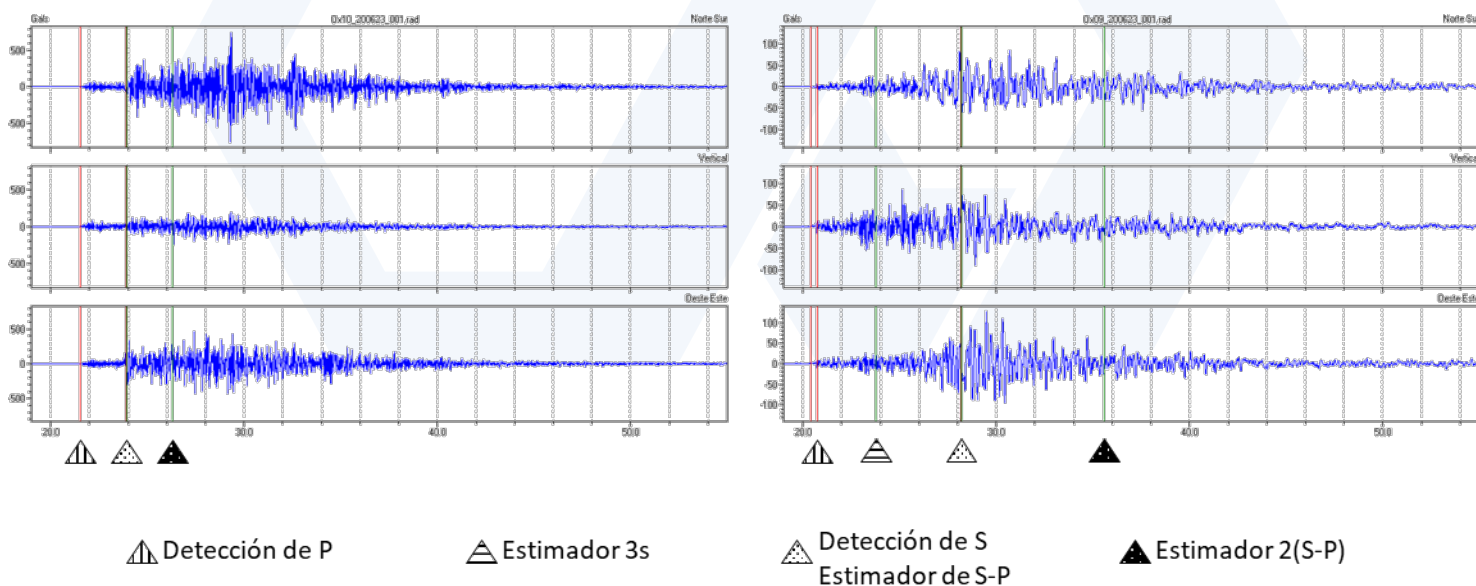


Figura 10.- Registros del sismo M7.4 en sensores del SASMEX que activaron el aviso de Alerta Sísmica, indicando los instantes en que se detectan las fases y se transmiten los resultados de los estimadores de magnitud a las Centrales del SASMEX durante el sismo M7.4 de junio 23 de 2020.

Conforme el efecto de un sismo se percibe en cada estación sensora, su calculadora digital local determina el patrón sísmico y la evolución de energía de sus fases. Los parámetros obtenidos con algoritmos específicos generan breves mensajes cifrados que se comunican vía radio ondas, hasta

diversas ciudades en riesgo potencial, donde centrales redundantes del SASMEX® controlan la difusión final de señales de Alerta Sísmica. El SASMEX® cuenta con tres algoritmos para determinar el rango y alertar los eventuales sismos peligrosos, estos son:

- Algoritmo 3s.** Inicia su función cuando la estación sensora determina el inicio de un sismo, “Detección de *p*”, y analiza sus datos hasta transcurrir 3 segundos, cuando logramos la “Detección de *s*”, ver **Figura 10**. Este algoritmo emite un pronóstico del rango, “Estimador de 3s”, que puede justificar el disparo de una Alerta Sísmica en sitios distantes, efectos grandes con riesgo potencial. Es un algoritmo rápido, diseñado para poder advertir con oportunidad máxima la amenaza de su peligro en poblaciones localizadas en región próxima a la fuente sísmica; difunde la Alerta Sísmica para eventos con $M > 5$ cuando la región expuesta dista no más de 250 km del sensor que primero advierte. Durante los 3 segundos iniciales de un sismo, eventualmente su efecto puede ser poco significativo, y su pronóstico de rango puede ser poco exacto; empero este algoritmo, ha resultado eficaz para advertir sismos intraplaca, con foco profundo e intermedio; como los que ocurren en el centro y norte del Estado de Oaxaca. Para evaluar su eficacia extendimos el servicio del **algoritmo 3s** sobre la región sombreada de la **Figura 11**, que incluye el norte del Estado de Guerrero. Observamos que durante un evento sísmico otros sensores del SASMEX también pueden complementar los pronósticos de su rango.

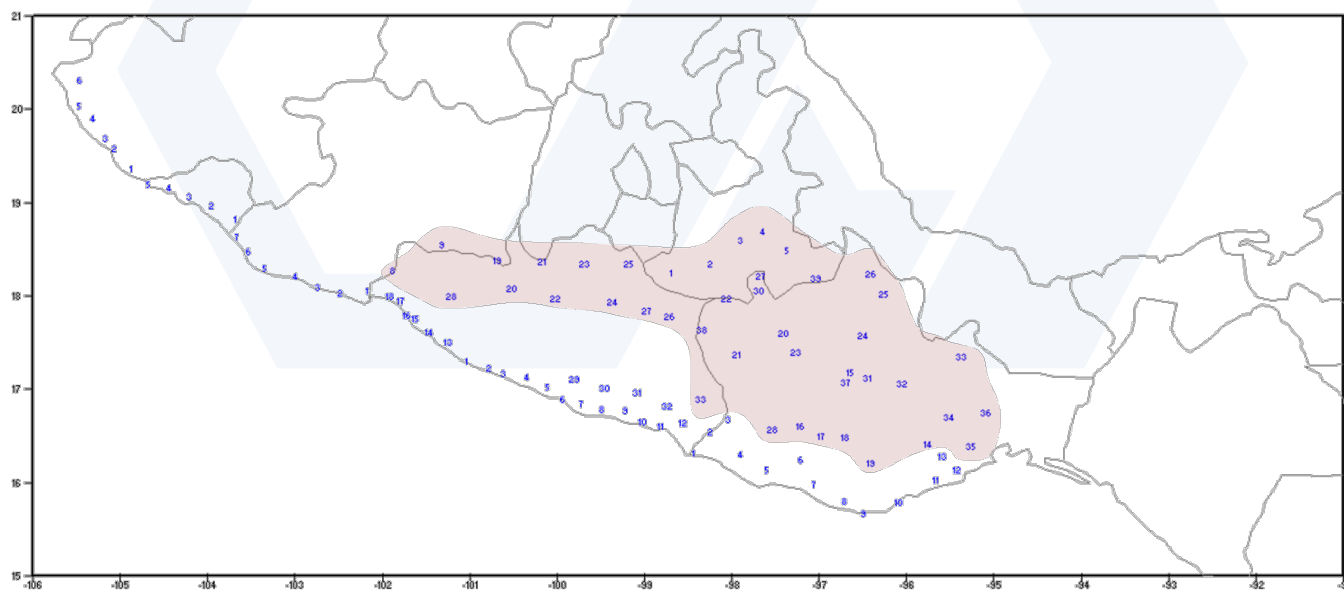


Figura 11.- Región de los sensores del SASMEX habilitados para activar avisos de alerta sísmica utilizando *Algoritmo 3s*.

- Algoritmo S-P.** Opción diseñada para pronosticar el posible rango sísmico, en función de la evolución del espectro de frecuencias y la energía sísmica durante el lapso de la onda P. Su resultado (“Estimador de S-P”) se transmite a los Centros de Control del SASMEX cuando termina el lapso de la onda “P” e inicia la onda “S” en la aceleración sísmica que se observa (“Detección de *s*”) en la **Figura 10**. Este es un proceso de análisis de tiempo variable, proporcional a la distancia

de la estación que reconoce el sismo y su foco correspondiente. En función de la distancia entre el sensor que primero advirtió el peligro sísmico en desarrollo y los Emisores Alternos del Sistema de Alerta Sísmica ajustan el radio de cobertura para sus avisos. Cuando el rango sísmico se pronostica con $M > 5.5$, este algoritmo puede difundir su advertencia en ciudades que se encuentren hasta 350 km de distancia.

- **Algoritmo 2(S-P).** Este recurso integra el promedio de la energía que desarrolla el sismo (en sus tres ejes NS, EO y V), desde el momento de su detección **Figura 10**, hasta que se cumple un tiempo de análisis total, igual a dos veces el lapso entre sus fases S y P, que definen el momento de ocurrencia de las ondas “P” y “S”. Así, el lapso total de análisis es variable porque el tiempo depende de la distancia entre el sitio de observación del sismo y su foco; de donde toma su nombre: “**Algoritmo 2(S-P)**”. Este recurso, si bien tarda más en emitir el pronóstico del rango sísmico, como observa más su evolución, determina más exacto su rango y mejor cuando analiza sismos fuertes de foco somero y ocurren a no más de 40km. Coeficientes de su pronóstico se transmite hasta las Centrales del SASMEX y se usan para justificar el disparo automático de la señal de Alerta Sísmica; más allá de 350km cuando la determinación de inicio en un sismo fuerte, es con rango M igual o mayor a 6.

La **Tabla 3** corresponde al cronograma automático de los mensajes enviados desde estaciones sensoras hasta las centrales redundantes del SASMEX®, 10 s después del inicio del sismo M7.4 el pasado junio 23. De acuerdo con el **SSN**, este evento se originó a las 10:29:02. El sensor Ox10 del SASMEX®, el más próximo al foco, mandó mensajes con su estimador S-P y pudo informar las 10:29:10.1, estar ante el inicio de un sismo potencialmente fuerte $M > 6.5$. Así a las 10:29:10.2, 8 segundos después, el SASMEX® estableció su estado de “**Prealerta**” (renglón 2, **Tabla 3**), con la condición de observar durante un lapso breve, para poder tener de un sensor próximo al Ox10, la confirmación homogénea (con algoritmo del mismo tipo) de la ocurrencia del sismo fuerte. Durante algunos segundos, varios sensores cercanos (renglones 4 a 7, **Tabla 3**) informaron con el estimador de 3s (no habilitado para regiones costeras) la existencia del sismo. Pero finalmente fue hasta las 10:29:19.7, cuando el mensaje del estimador s-p, en la estación sensora Ox09, a las 10:29:19.8., renglón 8, **Tabla 3**, confirmó poder alertar este evento, desde las centrales redundantes del SASMEX®.

	23/jun/2020 Hora	Sensor	Nombre	Algoritmo	Mensaje
1	10:29:10.1	Ox10	Tangolunda	SP	M>6.5
2	10:29:10.2		SASMEX		Inicia Prealerta
3	10:29:12.4	Ox10	Tangolunda	2SP	M>6.5
4	10:29:15.5	Ox09	Puerto Angel	3s	M>6.5
5	10:29:17.0	Ox19	Cieneguilla	3s	M>5.5
6	10:29:17.7	Ox11	Huamelula SP	3s	M>5.5
7	10:29:18.4	Ox08	Riv Tonameca	3s	M>5.5
8	10:29:19.7	Ox09	Puerto Angel	SP	M>6.5
9	10:29:19.8		Central Oax		Alerta Sísmica
10	10:29:19.8		Central Méx		Alerta Sísmica
11	10:29:19.9		Central Chi		Alerta Sísmica
12	10:29:20.0		Central Aca		Alerta Sísmica
13	10:29:20.0		Central Mor		Alerta Sísmica
14	10:29:20.1		Central Pue		Alerta Sísmica

Tabla 3. - Primeros 10 segundos de la bitácora del SASMEX para el sismo M7.4 de junio 23 de 2020.

La **Figura 12** muestra acelerogramas del SASMEX®, medidos en la región del epicentro el pasado 23 de junio. El sismo inicia en su origen a las 10:29:02, tiempo que marca la línea vertical roja, en el instante cero de la gráfica. La línea vertical azul indica el momento cuando las centrales redundantes del SASMEX® automáticamente transmiten el aviso de **Alerta Sísmica**, a las 10:29:19.8, según consignamos en la **Tabla 3**, renglones 9 al 14. Esta Figura muestra, con la evolución del eje Norte Sur, el tiempo que tardan en llegar los efectos advertidos a los sensores instalados y, para apreciar mejor el nivel de aceleración medido en cada sitio, todas las trazas se muestran a la misma escala vertical. La **Figura 13** y **Figura 14** muestran el efecto correspondiente a su orientación Vertical y Oeste – Este, en cada estación.

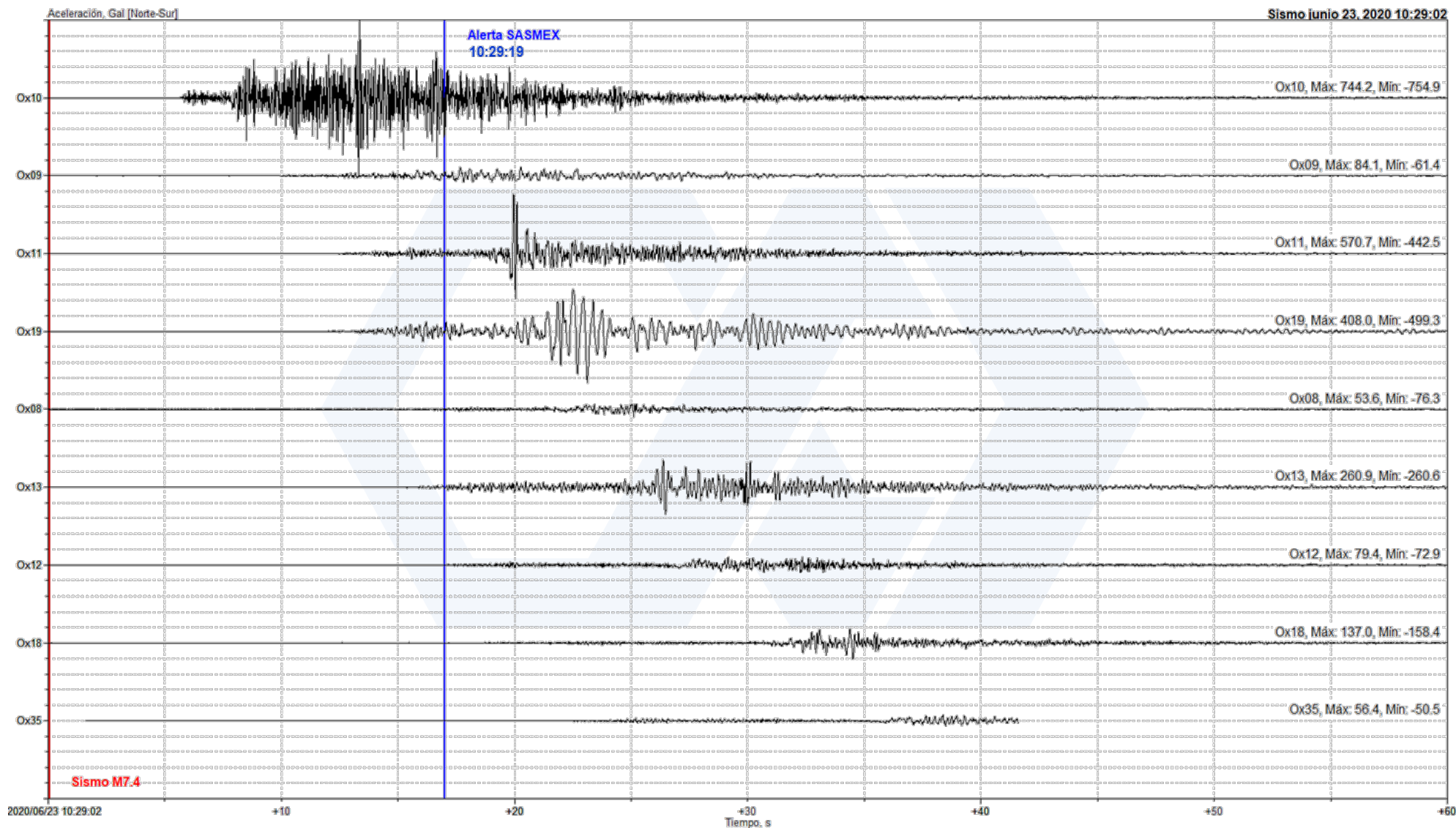


Figura 12.- Historia gráfica de los sucesos del sismo M7.4 de junio 23 de 2020, eje Norte – Sur.

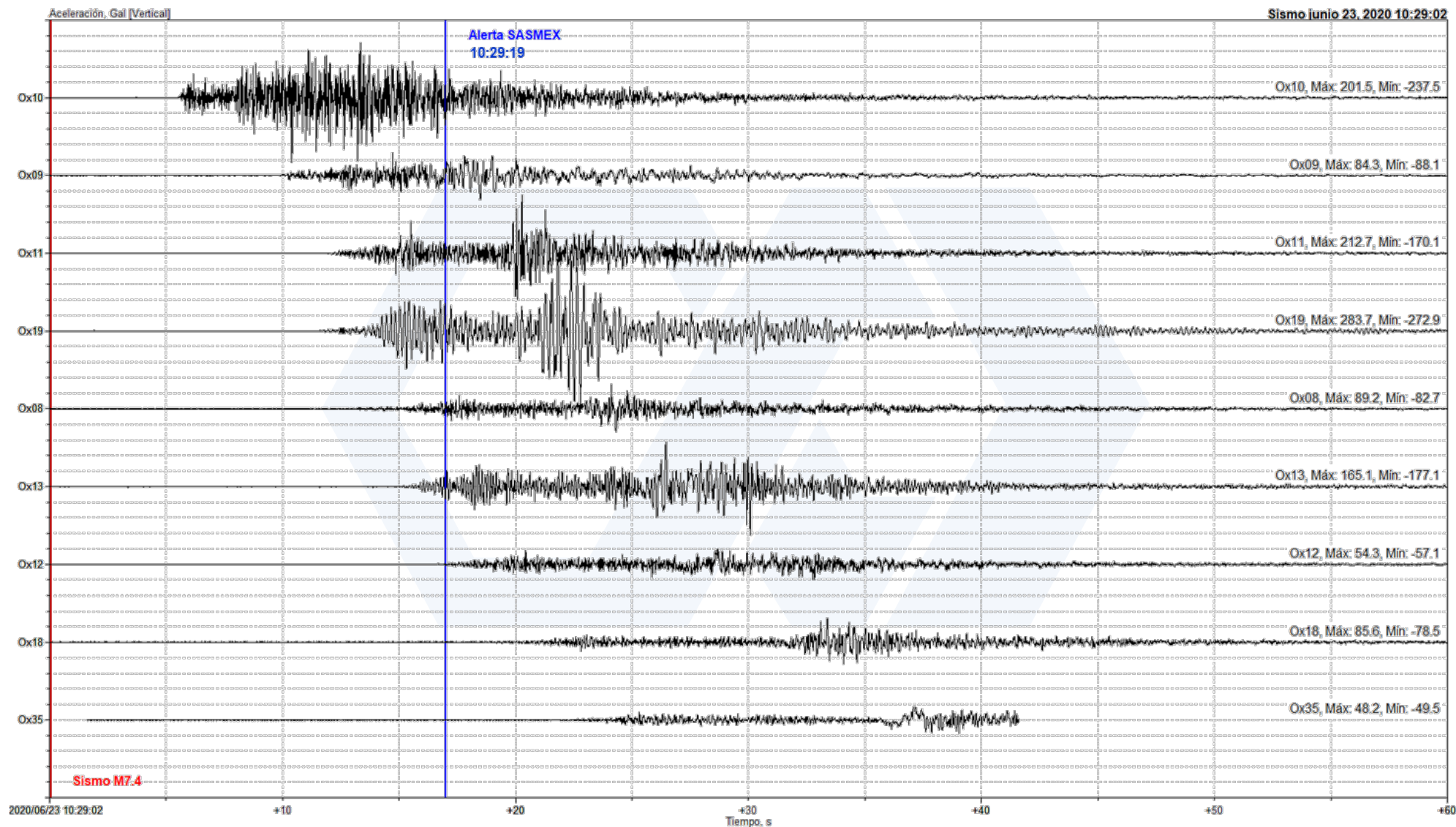


Figura 13.- Historia gráfica de los sucesos del sismo M7.4 de junio 23 de 2020, eje Vertical.

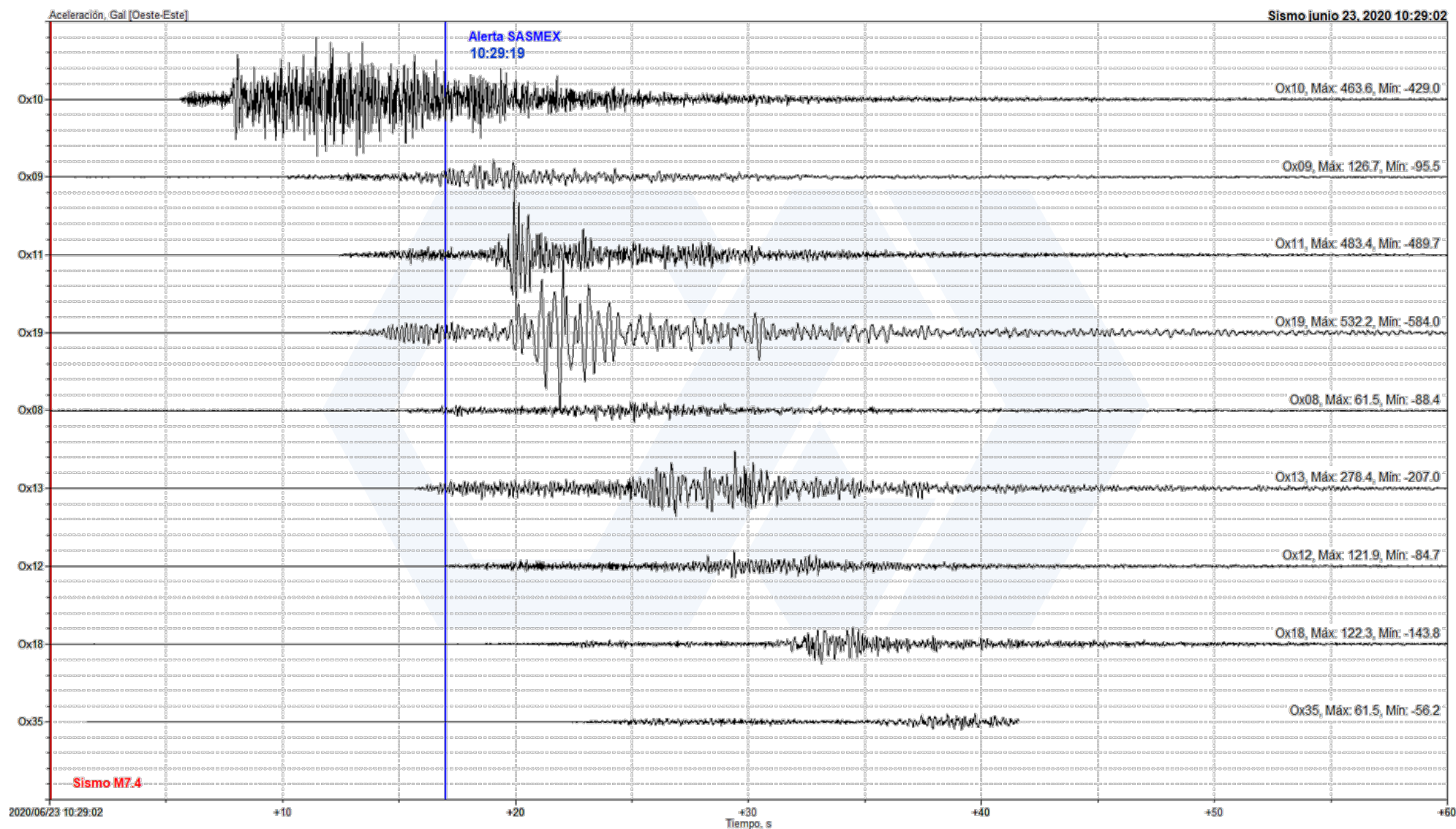


Figura 14.- Historia gráfica de los sucesos del sismo M7.4 de junio 23 de 2020, eje Oeste – Este.

Las **Figura 15** y **Figura 16** muestran alternativas de difusión que el CIRES ha desarrollado para compartir de forma expedita con autoridades y el público, información sobre la operación del SASMEX®; su clásico Monitor y una versión POP. La función ocurre cuando en un lapso breve dos sensores del SASMEX (próximos a un epicentro sísmico) advierten el inicio de su eventual ocurrencia. La central emite vía Internet mensajes cifrados, para que, con programas de cómputo, definidos como aplicaciones o *Apps*, la pantalla del espectador simule la figura de propagación de las ondas P y S, sus fases principales. Este recurso informa al usuario sobre la evolución del sismo detectado.



Figura 15.- Monitor SASMEX: aplicación que normalmente se muestra permanentemente en la pantalla.

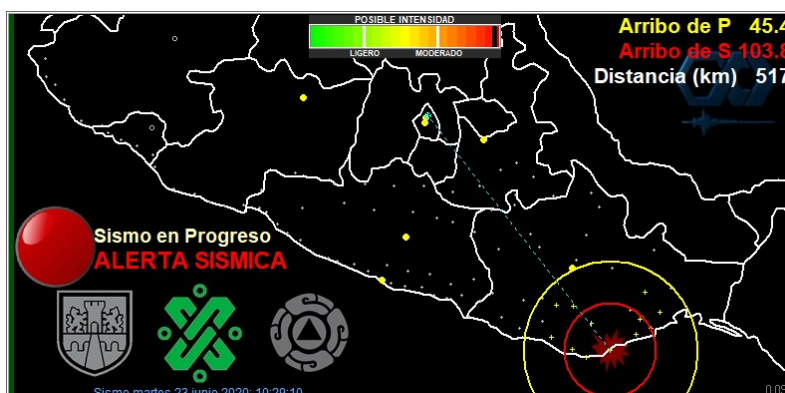


Figura 16.- POP – SASMEX: aplicación que corre en segundo plano y se muestra automáticamente solo cuando se detecta un sismo.



Pocos segundos después de que el SASMEX registra un sismo, genera automáticamente un informe y lo difunde, vía el correo electrónico los suscriptores. La activación de algún aviso de Alerta Sísmica se consigna en el mismo documento. Cuando el caso amerita, se incluye una tabla de distancia y lapsos aproximados de anticipación a cada una de las ciudades en donde se difundió el aviso. La **Figura 17** muestra el informe automático que muestra todas las estaciones que informaron durante el paso del efecto sísmico del evento M7.4 del pasado 23 de junio ocurrido en Oaxaca. En éste se anotan Fecha, Hora y Centrales que activaron avisos de alerta según lo descrito. Los datos de “Distancia” y “Tiempos de Anticipación” que se anotan son preliminares y se calculan asumiendo que el epicentro se localiza próximo al primer sensor que lo notificó; es información que se mejora posteriormente, cuando el Servicio Sismológico Nacional calcula y difunde los parámetros de localización del evento.

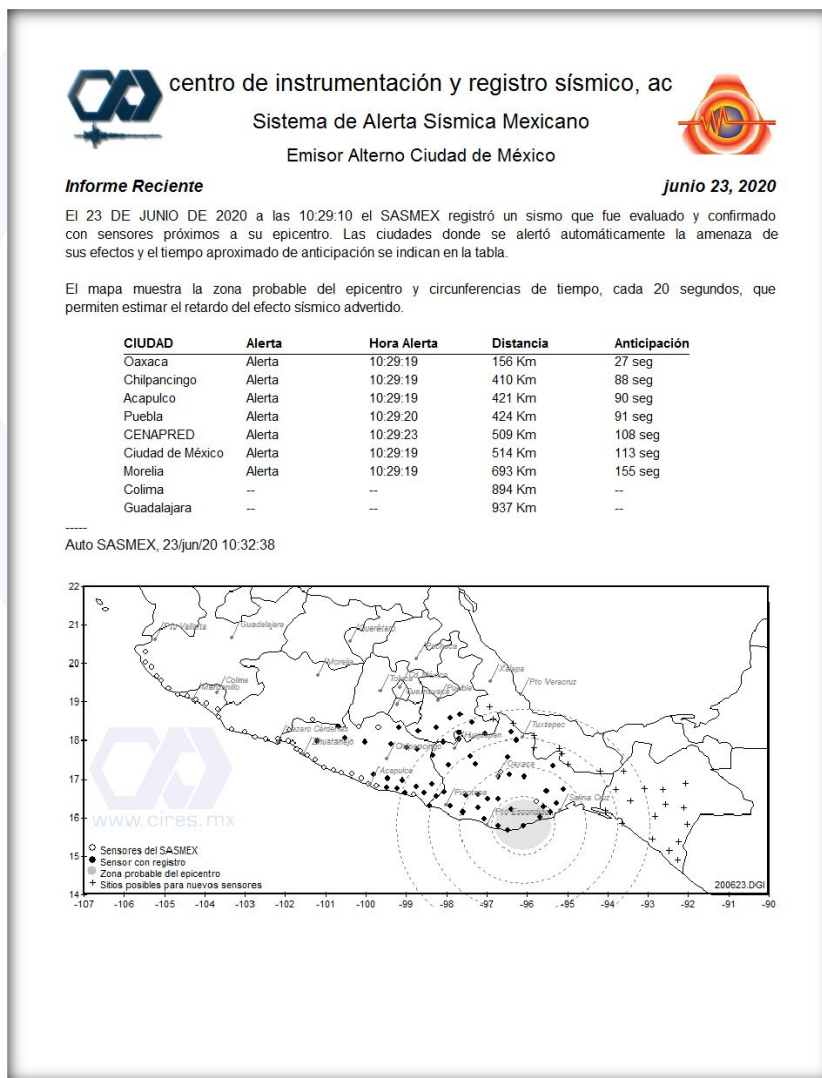
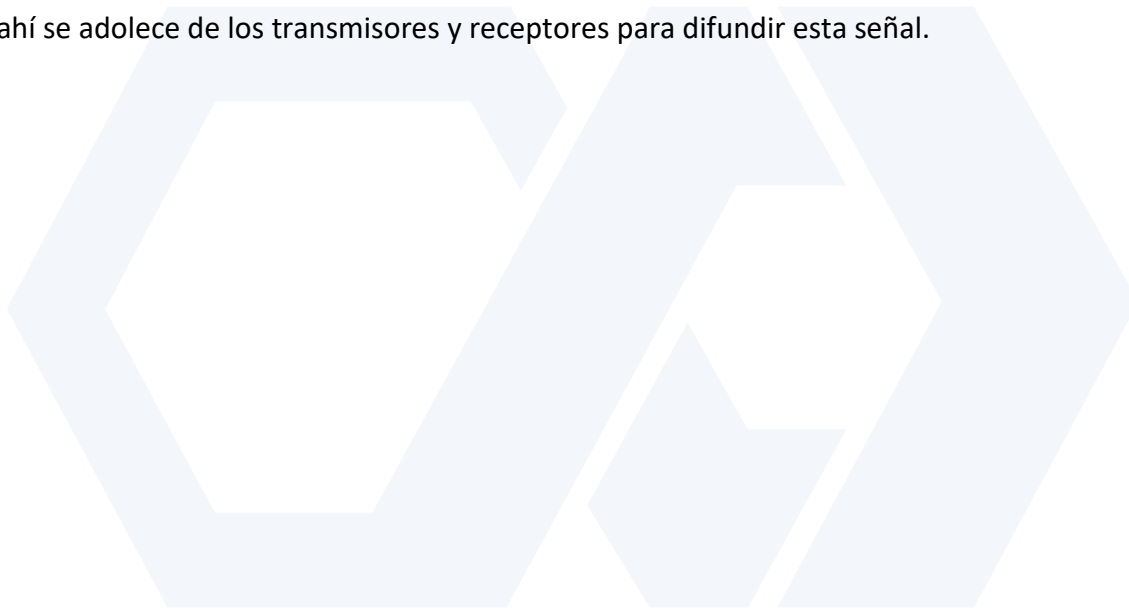


Figura 17.- Informe automático generado por el SASMEX durante el sismo M7.4 de junio 23 de 2020.



Las **Figuras 18 a 20**, muestran los acelerogramas captados en estaciones sensoras del SASMEX® en el Estado de Oaxaca; son las que registraron al paso de los efectos del sismo M7.4 del día 23 de junio. También agregamos los acelerogramas obtenidos en sus centrales redundantes, en ciudades donde la Alerta Sísmica difundió avisos anticipados, para evaluar sus efectos. El tiempo cero del gráfico corresponde al instante en que se originó el sismo, las 10:29:02, y la línea vertical azul es la hora de transmisión del aviso síncrono de “**Alerta Sísmica**” en las ciudades que aprovechan la función automática del SASMEX®. El tiempo de anticipación del aviso de alerta, respecto del inicio de la fase intensa del sismo en cada lugar alertado, se indica sobre las líneas horizontales rojas y corresponde a: 28 segundos en Oaxaca, Oax.; 80 segundos en Acapulco y 104 en Chilpancingo, Gro.; 99 segundos en Puebla; 130 segundos en la ciudad de México; 188 segundos en Morelia, Mich.; y 238 segundos en Colima, Col. Por ahora no hay función de avisos de Alerta Sísmica en las ciudades de Colima, Col., y Guadalajara, Jal., porque ahí se adolece de los transmisores y receptores para difundir esta señal.



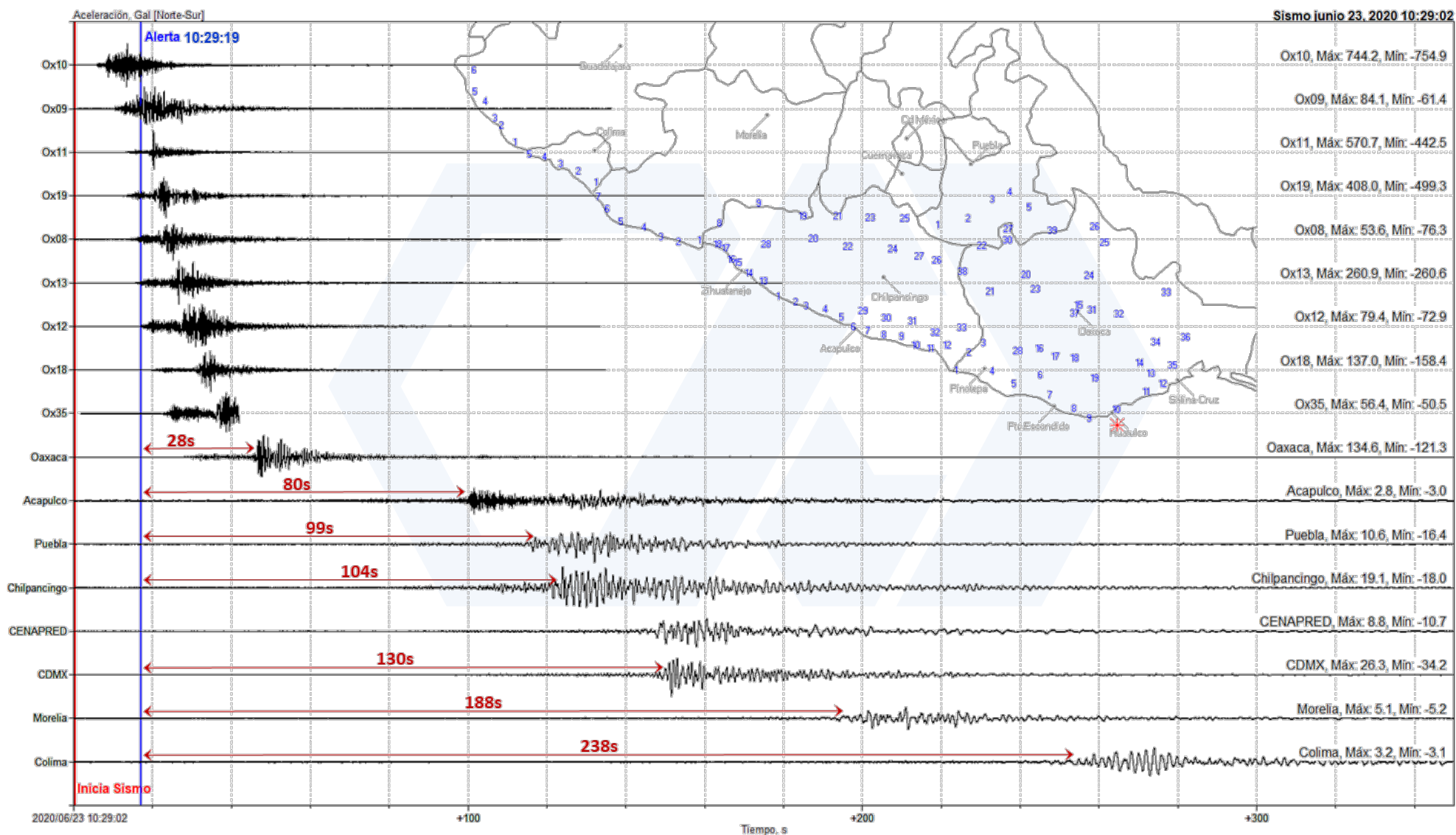


Figura 18.- Desempeño del SASMEX y tiempos de anticipación a ciudades que utilizan sus avisos de Alerta Sísmica. Eje Norte – Sur.

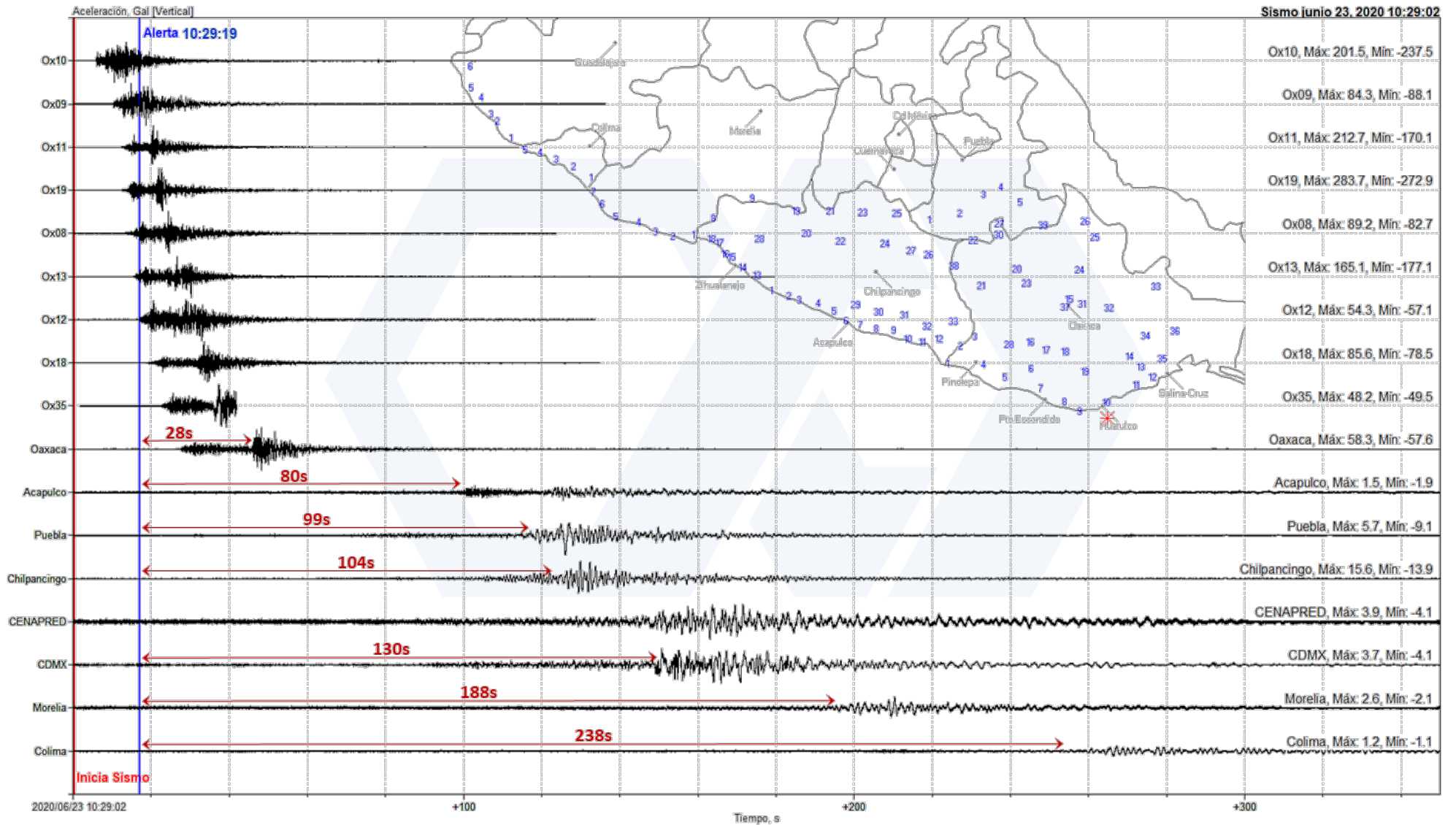


Figura 19.- Desempeño del SASMEX y tiempos de anticipación a ciudades que utilizan sus avisos de Alerta Sísmica. Eje Vertical.

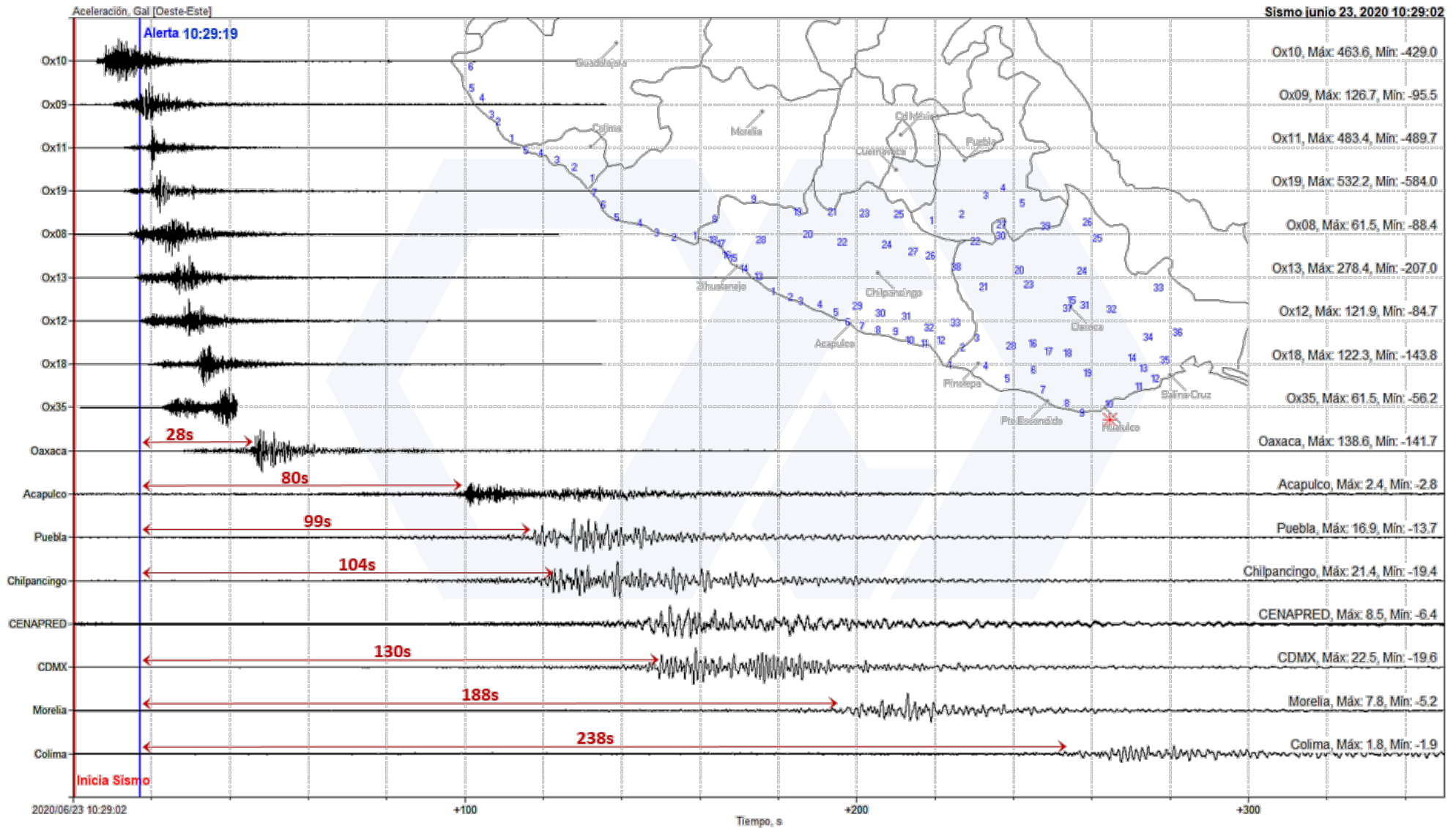
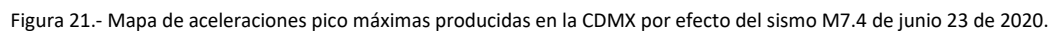


Figura 20.- Desempeño del SASMEX y tiempos de anticipación a ciudades que utilizan sus avisos de Alerta Sísmica. Eje Oeste – Este.

En agosto de 2019, en atención a la solicitud del Instituto para Seguridad para las Construcciones de la CDMX, el CIRES desarrolló un sistema para visualizar en forma expedita el efecto que provocan los sismos cuando pasan por la Ciudad de México. Para tal fin, aprovechamos la función que aportan los aparatos de la **Red de Acelerómetros de la Ciudad de México, RACM**, recurso que desde 1988 capta acelerogramas causados por eventuales sismos cuyos epicentros están en esta Ciudad, en regiones bien conocidas por los sismólogos y especialistas en estos fallamientos, y principalmente por los sismos fuertes que ocurren ocasionalmente en torno del Valle de México, en la costa de Estados entre Jalisco y Chiapas con el Océano Pacífico. La información obtenida, de acuerdo con los Estatutos del CIRES, se considera abierta para un grupo de Autoridades de la CDMX y del Gobierno Federal, así como para los estudiosos y expertos en el análisis de este peligro natural; difusión que se atiende a través de un sistema de mensajería electrónica instantánea conocido como **WhatsApp**, y por correo electrónico, que automáticamente muestran el valor pico de las aceleraciones captadas con los equipos de la **RACM**, que se transmiten en tiempo real hasta su central en el CIRES.

La **Figura 21** muestra la información que se transmitió debido a los efectos del sismo M7.4 registrados. Cada círculo corresponde a un sensor de la **RACM**, cuyo identificador aparece al lado; los círculos se colorean de acuerdo a la escala que se muestra en la zona inferior derecha de la imagen; los círculos vacíos corresponden a sensores pendientes de enlazar a este sistema. La lista de sensores que logró medir los efectos del sismo se muestra en la parte superior central del mapa, ordenados alfabéticamente por identificador. Cuando la aceleración medida por los sensores supera 2 Gal, se anota el valor al centro de cada círculo. En la zona inferior izquierda aparece un recuadro que indica: fecha y hora en que el SASMEX reconoció el sismo; región posible de la fuente sísmica; distancia, entre el primer sensor del SASMEX que avisa del movimiento y el Zócalo de la CDMX; indicada con una línea roja intermitente que une estos puntos. La hora estimada de arribo del efecto de las ondas sísmicas principales se anota en este recuadro también. La barra multicolor, que aparece en la parte inferior, indica la posible intensidad sísmica generada en la Ciudad durante el efecto sísmico; este valor se determina con las aceleraciones máximas medidas. Las dos Tablas de datos que aparecen en la lateral derecha, muestran de mayor a menor, los valores máximos de aceleración pico medidos: la primera Tabla corresponde a los sensores de la CDMX; en la segunda agrega información sobre otros sensores que tiene CIRES instalados en ciudades donde operan los avisos de Alerta Sísmica.





Como mencionamos, si sensores sísmicos próximos al epicentro de un sismo, analizan la evolución de su energía y transmiten su información a las Centrales del SASMEX, con estos resultados se podrá iniciar el proceso automático de difusión de señales de alerta temprana ejecuta como se ilustra en la **Figura 22**; son las funciones que realiza el sistema durante la propagación del sismo, como sigue:

1. Cuando dos sensores próximos notifican, con algunos segundos de diferencia, que está ocurriendo un movimiento con patrones similares a un sismo, el SASMEX asume la condición de “Sismo Detectado” (*#TenemosSismo*), instante **T₀** en la **Figura 22**.
2. En ese momento, el sistema envía códigos cifrados para activar diferentes aplicaciones: *Monitor SASMEX* (**Figura 15**), *POP-SASMEX* (**Figura 16**). También notificaciones a través de **Twitter**.
3. Si el cifrado inicial recibido evidencia estar ante el inicio de un evento potencialmente peligroso, las Centrales transmiten el aviso de *Alerta Sísmica* correspondiente, en el instante **T_A** de la **Figura 22**, en todas las ciudades que usan avisos de advertencia del SASMEX®. El aviso puede tele operar la difusión primaria (expedita) en: estaciones de radio y televisión que han aceptado advertir para proteger a su audiencia y la difusión con emisores secundarios; como son los transmisores del sistema **EAS – SAME**, para operar receptores SARMEX de la norma **NOAA – Public Alert**; También altavoces de la Ciudad de Oaxaca, y los del sistema de audio y videovigilancia de la CDMX que opera *C5*. Y los recién integrados con ese fin, del C5 y C4 del Estado de México; donde se realizan las adecuaciones necesarias para sincronizar su eventual función, que garantice la seguridad de los avisos de *Alerta Sísmica* en la llamada región Metropolitana del valle de México.
4. Previendo posibles fallas de suministro de energía eléctrica y/o comunicaciones durante la ocurrencia de un sismo severo alertable, cinco segundos luego de activar de Alerta (**T_A + 5s**), el SASMEX® transmite vía correo electrónico la “Información Reciente” a usuarios principales, entre ellos Autoridades de Gobierno y medios masivos de comunicación, para enterar la causa de la señal de Alerta Sísmica, que incluye el detalle de los primeros sensores que advirtieron sus efectos sísmicos. Cuando no ocurre el disparo de Alerta Sísmica, no se envía esta información.
5. Quince segundos luego de la detección del sismo (**T₀ + 15s**), la central del SASMEX trasmite radio señales de control para activar la función de la *Red de Acelerómetros de la Ciudad de México (RACM)* y de los *Sistemas Acelerométricos Digitales para Estructuras (SADE)* a cargo del CIRES; el objetivo es asegurar los acelerogramas que causen los efectos del sismo en aquellas ciudades que cuentan con estos sistemas, con oportunidad óptima.



6. En el mismo instante $T_0 + 15s$, se envían mensajes por telefonía celular, con información del disparo, a los supervisores del SASMEX a través del *Servicio de Mensajes Cortos (SMS)*, por sus siglas en inglés) y, como se describió anteriormente, vía **WhastApp** se transmite la imagen *POP-SASMEX* que muestra el origen del evento y posibles tiempos de arribo de sus ondas.
7. Finalmente, cuando se estima que el efecto más intenso del sismo pasó ya por la Ciudad, en el momento $(T_0 + 1.6 \times T_s)$ donde T_s es el tiempo estimado que demora la onda S en llegar hasta la CDMX, el SASMEX® emite vía **WhastApp**, un mapa (**Figura 21**) con aceleraciones pico máximas registradas, para que las Autoridades del gobierno de la CDMX y sus asesores especialistas, tengan información básica para decidir la respuesta necesaria ante posibles daños causados por el sismo. También, el informe final complementario de la función del SASMEX® (**Figura 17**) se les trasmite por correo electrónico con la “Información Reciente”.



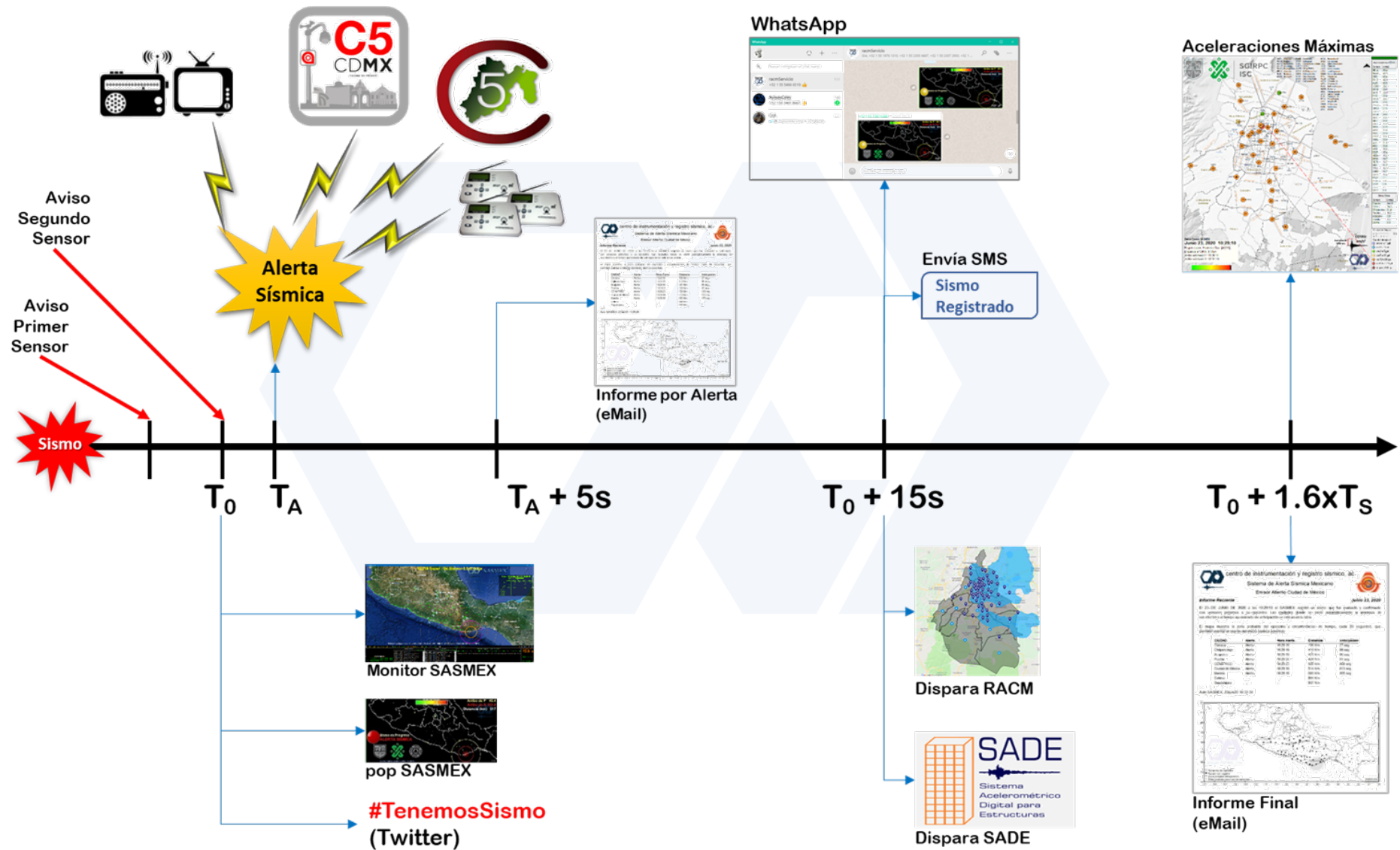


Figura 22.- Funciones del SASMEX durante el desarrollo de un sismo

El 5 de julio de 2020, el Servicio Sismológico Nacional informó la ocurrencia de 5,335 réplicas del sismo M7.4 de junio 23, donde la mayor fue de magnitud 5.5; de éstas, las 49 más intensas fueron registradas por el SASMEX, **Tabla 4**. Parámetros de sus acelerogramas analizados por el SSN, permitieron mejorar la localización de su epicentro, cuya ubicación revisada tiene las coordenadas en 15.784 latitud norte y 96.12 longitud oeste, con 5 km de profundidad, (http://www.ssn.unam.mx/sismicidad/reportes-especiales/2020/SSNMX_rep_esp_20200623_Oaxaca-Costa_M75.pdf), que muestra la **Figura 23**,

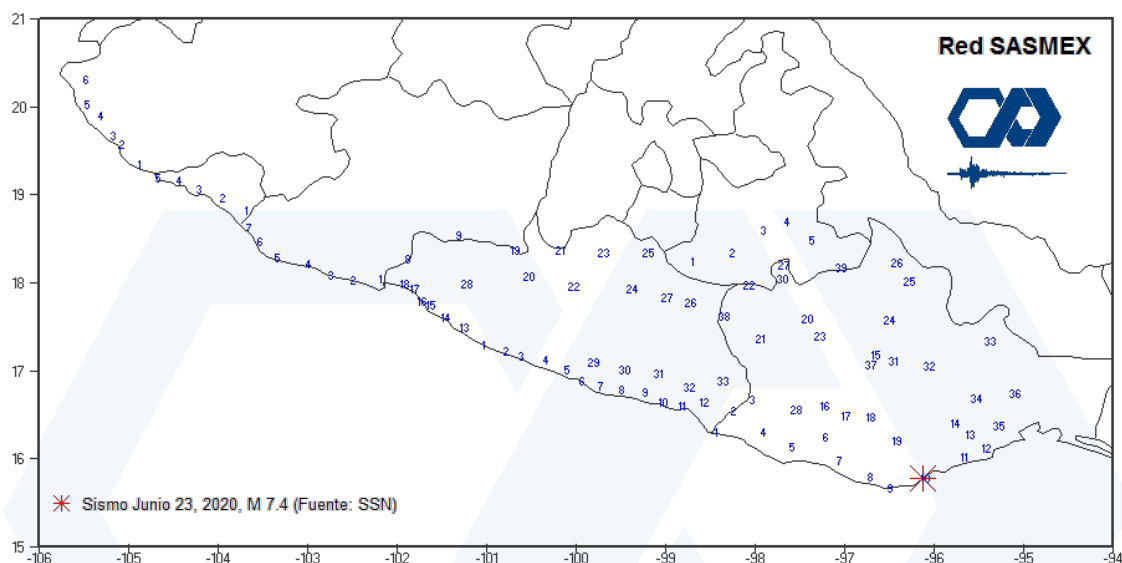


Figura 23.- Localización revisada del epicentro del sismo M7.4 de junio 23 de 2020.



No.	Fecha	Hora	Sensores con registro	Mag	Lat	Long	prof	Localización
1	23/06/2020	10:29:02	58	7.4	15.784	-96.12	5	23 Km Al Sur De Crucecita, Oax
2	23/06/2020	10:35:48	5					
3	23/06/2020	10:46:55	2					
4	23/06/2020	11:20:24	9	4.3	15.67	-96.06	27	14 Km Al Sureste De Crucecita, Oax
5	23/06/2020	11:31:05	3	4.6	15.63	-96.08	10	17 Km Al Sureste De Crucecita, Oax
6	23/06/2020	11:46:26	2					
7	23/06/2020	12:08:08	1					
8	23/06/2020	12:29:16	3	4.1	15.59	-95.92	16	30 Km Al Sureste De Crucecita, Oax
9	23/06/2020	12:34:34	1	4.0	15.67	-96.07	10	12 Km Al Sureste De Crucecita, Oax
10	23/06/2020	12:43:41	2	4.0	15.63	-96.31	10	21 Km Al Sureste De S Pedro Pochutla, Oax
11	23/06/2020	12:45:20	3	4.1	15.46	-96.52	10	32 Km Al Sur De S Pedro Pochutla, Oax
12	23/06/2020	12:52:20	3	4.3	15.44	-96.53	16	34 Km Al Sur De S Pedro Pochutla, Oax
13	23/06/2020	13:04:56	1	4.3	15.51	-96.52	10	27 Km Al Sur De S Pedro Pochutla, Oax.
14	23/06/2020	13:27:08	8	4.9	15.63	-95.95	10	25 Km Al Sureste De Crucecita, Oax.
15	23/06/2020	15:54:39	4	5.1	14.92	-95.86	51	98 Km Al Sureste De Crucecita, Oax
16	23/06/2020	16:42:55	1	4.0	15.53	-96.50	9	24 Km Al Sur De S Pedro Pochutla, Oax
17	23/06/2020	18:20:58	1	4.2	15.67	-96.12	9	11 Km Al Sur De Crucecita, Oax
18	23/06/2020	21:25:53	1	4.1	15.54	-96.56	10	25 Km Al Suroeste De S Pedro Pochutla, Oax
19	23/06/2020	21:33:18	9	5.5	15.48	-96.57	8	31 Km Al Suroeste De S Pedro Pochutla, Oax
20	23/06/2020	22:05:33	3	4.2	16.19	-96.04	15	48 Km Al Norte De Crucecita, Oax
21	23/06/2020	22:27:00	2	4.5	15.52	-96.54	19	26 Km Al Suroeste De S Pedro Pochutla, Oax
22	23/06/2020	22:44:37	2	4.4	15.47	-96.59	10	33 Km Al Suroeste De S Pedro Pochutla, Oax
23	24/06/2020	06:54:19	1	4.1	15.68	-96.50	22	8 Km Al Suroeste De S Pedro Pochutla, Oax
24	24/06/2020	11:02:28	3	4.0	15.87	-95.89	52	29 Km Al Noreste De Crucecita, Oax.
25	24/06/2020	13:01:07	3	4.4	15.63	-96.14	12	15 Km Al Sur De Crucecita, Oax.
26	24/06/2020	13:49:51	2	4.1	15.80	-96.28	42	16 Km Al Oeste De Crucecita, Oax
27	24/06/2020	15:06:17	2	4.8	15.50	-96.70	15	36 Km Al Suroeste De S Pedro Pochutla, Oax
28	25/06/2020	10:13:16	1	3.5	18.33	-94.98	10	17 Km Al Sureste De Catemaco, Ver
29	25/06/2020	12:18:55	1	4.2	15.83	-96.26	27	15 Km Al Noroeste De Crucecita, Oax
30	25/06/2020	16:12:59	1	4.3	15.66	-96.12	10	12 Km Al Sur De Crucecita, Oax
31	26/06/2020	08:20:22	2	4.2	15.95	-96.36	20	25 Km Al Noreste De S Pedro Pochutla, Oax
32	27/06/2020	05:22:40	1	4.2	15.63	-96.40	17	15 Km Al Sureste De S Pedro Pochutla, Oax
33	27/06/2020	17:04:15	1	3.9	16.15	-95.75	20	58 Km Al Noreste De Crucecita, Oax
34	28/06/2020	17:40:19	1	4.0	15.65	-96.14	15	13 Km Al Sur De Crucecita, Oax
35	30/06/2020	16:33:11	1	4.1	15.60	-96.10	11	19 Km Al Sur De Crucecita, Oax
36	30/06/2020	16:46:29	1	4.2	15.60	-96.07	15	20 Km Al Sureste De Crucecita, Oax
37	30/06/2020	18:44:17	1	4.1	16.09	-95.08	30	16 Km Al Sureste De Salina Cruz, Oax
38	30/06/2020	21:59:07	2	4.1	16.09	-95.10	28	14 Km Al Sureste De Salina Cruz, Oax
39	30/06/2020	23:34:38	1	3.9	16.14	-97.54	10	19 Km Al Noroeste De Rio Grande, Oax
40	01/07/2020	09:09:27	3	4.2	15.59	-96.09	13	21 Km Al Sur De Crucecita, Oax
41	01/07/2020	14:54:08	22	4.9	15.81	-96.81	27	28 Km Al Este De Puerto Escondido, Oax
42	01/07/2020	15:15:13	2	4.1	15.84	-96.81	36	28 Km Al Este De Puerto Escondido, Oax
43	01/07/2020	17:54:24	1	4.0	15.89	-96.81	31	27 Km Al Este De Puerto Escondido, Oax
44	01/07/2020	18:30:31	1	3.7	15.83	-96.84	39	25 Km Al Este De Puerto Escondido, Oax
45	01/07/2020	20:18:35	6	4.2	15.83	-96.83	35	25 Km Al Este De Puerto Escondido, Oax
46	02/07/2020	23:24:16	1	4.1	15.65	-96.11	10	13 Km Al Sur De Crucecita, Oax
47	03/07/2020	14:35:56	1	4.0	15.62	-96.11	18	16 Km Al Sur De Crucecita, Oax
48	03/07/2020	20:29:19	3	4.9	15.52	-96.25	13	31 Km Al Suroeste De Crucecita, Oax
49	05/07/2020	07:58:47	6	4.7	15.55	-96.11	13	25 Km Al Sur De Crucecita, Oax
50	06/07/2020	02:33:37	7	4.3	16.01	-95.95	54	33 Km Al Noreste De Crucecita, Oax

Tabla 4.- Sismo principal M7.4 y réplicas registradas por el SASMEX hasta el 6 de julio.



Observaciones

1. El SASMEX es un desarrollo tecnológico, patrocinado por los Gobiernos de la Ciudad de México y del Estado de Oaxaca, cuyo objetivo es potenciar la mitigación del riesgo de los latentes sismos fuertes, que amenaza a los pobladores en su región de cobertura; actualmente desde Bahía de Banderas, Jalisco, hasta el Istmo de Tehuantepec en Oaxaca, incluyendo la región del Alto Balsas en Guerrero, sur de Puebla y centro y norte de Oaxaca.
2. El SASMEX es un desarrollo que evoluciona gracias a la diferente velocidad de propagación de las lentas ondas sísmicas, ante las instantáneas ondas de radio, razón que permite avisar a poblaciones riesgo, distantes del epicentro, siempre y cuando existan sensores próximos al foco.
3. El sismo que se reporta, de magnitud 7.4, provocó que todas las centrales del SASMEX transmitieran un aviso anticipado de Alerta Sísmica para prevenir a su población. Los avisos de alerta se difunden a través de la radio y televisión comercial que apoyan este servicio, de altavoces en las Ciudades de Oaxaca, México y Estado de México y del sistema de avisos de emergencia **NOAA – Public Alert – SARMEX** en las ciudades donde se tiene habilitado.
4. El SASMEX registra, en promedio, de dos a tres sismos por semana, casi todos con magnitud inferior a 4.9. Ahora, desde agosto de 2019, cada detección sísmica del SASMEX genera y envía automáticamente el mapa con valores de aceleración pico medidas en la CDMX, como el de la **Figura 21**, cuyos valores de aceleración por ruido urbano local normalmente no superan 5 Gals. Cuando esta información corresponde a efectos de epicentro distante, el SASMEX® difunde este mapa tres minutos después del tiempo de origen del evento sísmico, para informar de manera expedita a las Autoridades en ésta y en otras ciudades del País (observadas con este recurso) sobre la severidad de efecto sísmico ocurrido; como en Oaxaca, donde el acelerograma local muestra un máximo de 140 Gals, dato incluido en la **Figura 21**.
5. Desde marzo de 2018 se instaló un transmisor en el cerro Chichinautzin, municipio de Huitzilac, Estado de Morelos, que emite con frecuencia 162.525 MHz, correspondiente al canal 6 de los receptores norma **NOAA – Public Alert – SARMEX**. Su cobertura, como repetidor de los avisos de Alerta Sísmica que el SASMEX® radia en la Ciudad de México, se comparte prácticamente en toda el área geográfica del Estado de Morelos. Así, la alerta transmitida para el sismo M7.4 de junio 23, se difundió también en Morelos y anticipó a su población sobre los efectos del sismo. Pertinente es anotar que este servicio para proteger a los pobladores del Estado de Morelos, no cuenta con un Contrato de servicios ni patrocinio alguno, hasta el momento.
6. Para comentarios sobre la información mostrada en este documento, el CIRES pone a su disposición las direcciones de correo jm.espinosa@cires-ac.mx y a.uribe@cires-ac.mx. También en la página del Centro: www.cires.org.mx o www.cires.mx.