

Journal of Engineering Research

ISSN 2764-1317

vol. 5, n. 9, 2025

●●● ARTICLE 9

Acceptance date: 16/12/2025

EVALUACIÓN DEL PELIGRO SÍSMICO DE LA COMUNIDAD DE LA CORDOBESA, MUNICIPIO DE LAS CHOAPAS, VERACRUZ

Torres Morales Gilbert Francisco

Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México. Edificio B Facultad de Instrumentación Electrónica, Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán S/N, Zona Universitaria

<https://orcid.org/0000-0001-8116-1954>

Méndez Ramírez Ce Tochtlí

Facultad de Ingeniería Civil, Zona Xalapa, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México. Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán, Zona Universitaria, Xalapa, Veracruz, México

<https://orcid.org/0009-0001-3877-1703>

Castillo Aguilar Saúl

Facultad de Ingeniería Civil, Zona Xalapa, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México. Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán, Zona Universitaria, Xalapa, Veracruz, México

Lozano Laez David

Facultad de Ingeniería Civil, Zona Xalapa, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México. Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán, Zona Universitaria, Xalapa, Veracruz, México

<https://orcid.org/0009-0003-5562-6000>

Fox Rivera Guillermo

Facultad de Ingeniería Civil, Zona Xalapa, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México. Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán, Zona Universitaria, Xalapa, Veracruz, México

<https://orcid.org/0000-0003-1053-5829>

Dávalos Sotelo Raymundo

Instituto de Ecología A.C., Xalapa, Veracruz, México

<https://orcid.org/0000-0002-7111-0886>

Landa Ruiz Laura

Facultad de Ingeniería Civil, Zona Xalapa, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México. Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán, Zona Universitaria, Xalapa, Veracruz, México

<https://orcid.org/0000-0003-0248-2747>



All content published in this journal is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).

Resumen: La comunidad de La Cordobesa, en Las Choapas, Veracruz, ha estado reportando la inquietante sensación de vibraciones anómalas en el subsuelo. Para esclarecer esta preocupación, un equipo de académicos realizó una evaluación preliminar del riesgo sísmico que ha revelado aspectos cruciales sobre el comportamiento del suelo. La primera conclusión es una advertencia regional: la zona está clasificada dentro de la Zona de Peligro Sísmico C, lo que la sitúa como una de las áreas de mayor amenaza en México. Los modelos indican un potencial para experimentar aceleraciones del terreno de hasta 376 gales en un sismo con un período de retorno de 618 años. Sin embargo, el descubrimiento más significativo provino del análisis de vibración ambiental (la técnica H/V), que reveló un fenómeno crucial y potencialmente peligroso: una respuesta dual del suelo. Por un lado, se comprobó que los suelos más consolidados ofrecen una baja amplificación para las estructuras cortas y rígidas (como la mayoría de las viviendas locales), manteniéndolas a salvo del temido “efecto de sitio”. La alerta se disparó con el segundo hallazgo: se identificó una resonancia masiva a períodos largos ($T=4$ segundos). Este fenómeno, vinculado a potentes y profundos estratos de arenas no consolidadas, es una “zona roja” para la ingeniería. El suelo en esta condición tiene la capacidad de amplificar la energía sísmica de una manera importante en ese período específico. Esto significa que, aunque el riesgo para la mampostería actual es bajo, la amenaza para cualquier proyecto futuro de infraestructura flexible o de gran altura es crítica. Este estudio preliminar no solo justifica la inquietud de los pobladores, sino que sienta las bases para una microzonificación que es vital para la seguridad y el desarrollo de Las Choapas, revelando

que el verdadero peligro sísmico reside en la interacción inesperada entre la amenaza regional y la geología única del subsuelo.

Palabras Clave: Vibración ambiental, vulnerabilidad y riesgo.

INTRODUCCIÓN

En atención a la solicitud por parte de la Directora General de Prevención de Riesgo de Desastres de la Secretaría de Protección Civil del Gobierno del Estado de Veracruz, para realizar un estudio en la comunidad de Benito Juárez y La Cordobesa, municipio de las Choapas Veracruz (Fig.1), debido a que la población ha percibido vibraciones anómalas en el subsuelo que les genera inquietud, se realizó una visita a estas localidades para realizar trabajo de campo e instalar una estación de monitoreo sísmico no permanente en la localidad de La Cordobesa.

Lo anterior para poder monitorear estas vibraciones y determinar el peligro sísmico que se tiene en estas localidades e identificar si estas vibraciones podrían tener repercusiones en la población de estas localidades.

ANTECEDENTES

El estado de Veracruz ha sufrido en algún momento daños importantes debido a sismos de gran intensidad, recordando que después del sismo de la ciudad de México en 1985 con 6,000 víctimas, el Estado de Veracruz tiene el segundo lugar con el sismo de Xalapa, que ocurrido en 1920 con 650 víctimas y el tercer lugar con el de Orizaba del año de 1973 con 539 muertes. El Sismo de Xalapa de 1920 ($M_s=6.2$) (Fig.2) se originó en la Sierra Madre Oriental, entre los Estados de Puebla y Veracruz.

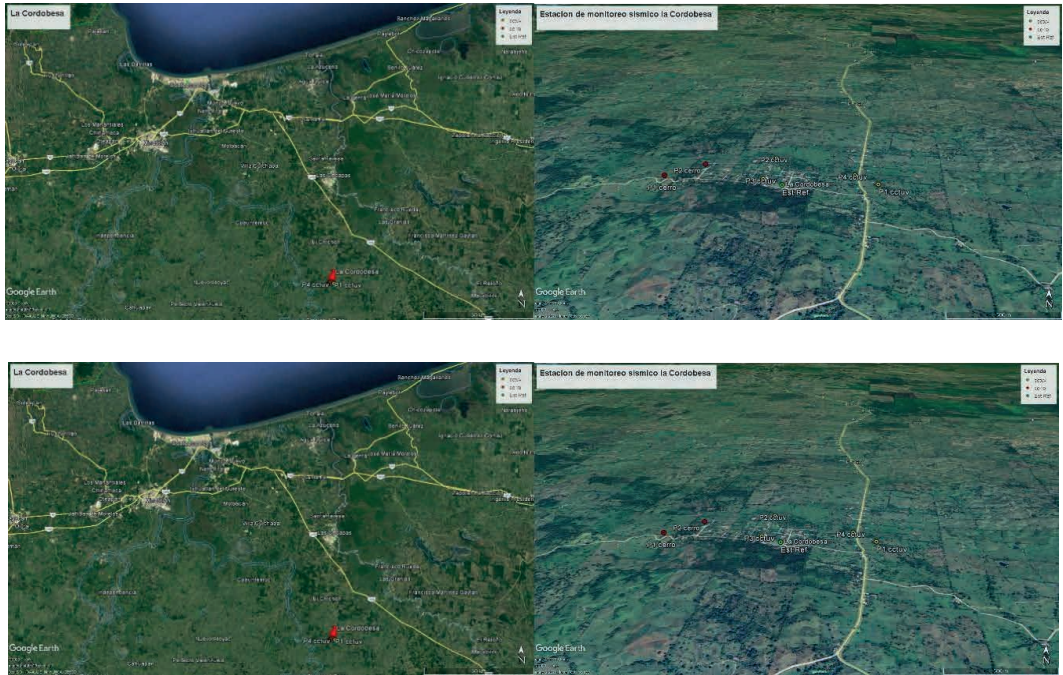


Figura 1. Ubicación de la localidad La Cordobesa munición de las Choapas Veracruz.

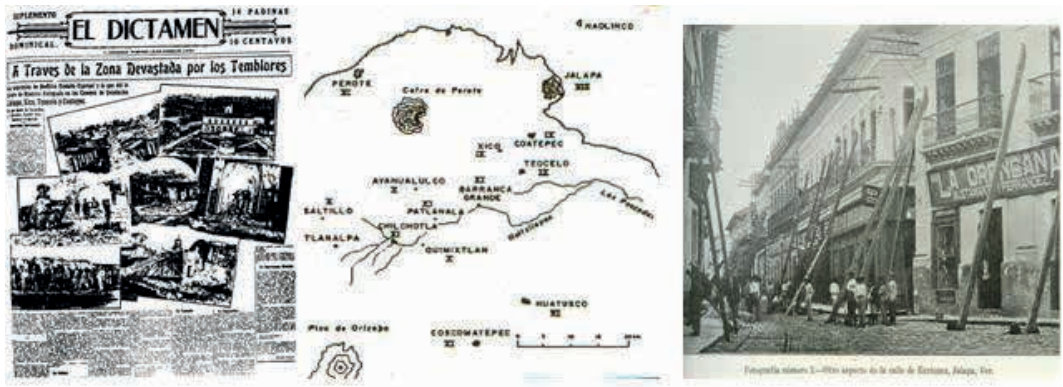


Figura 2. Foto periódico El Dictamen que informa del sismo de Xalapa, mapa que muestra las intensidades (MM) (Flores y Camacho, 1922) y una fotografía del centro histórico de Xalapa

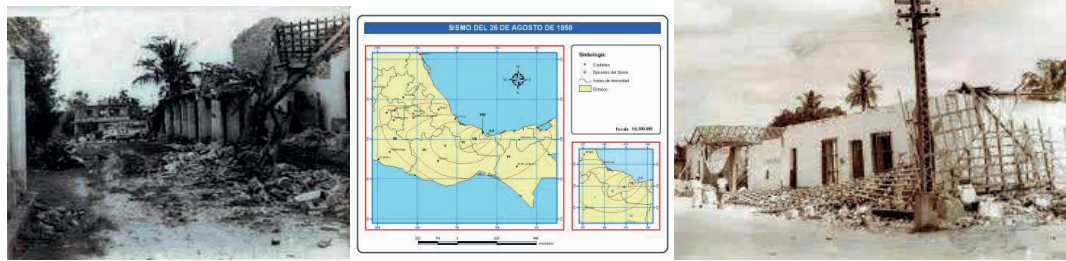


Figura 3. Fotos sismo de Jáltipan y mapa de isosistas, un sismo de magnitud $M_w=6.4$ que se registró entre Acayucan y Jáltipan en el Estado de Veracruz.

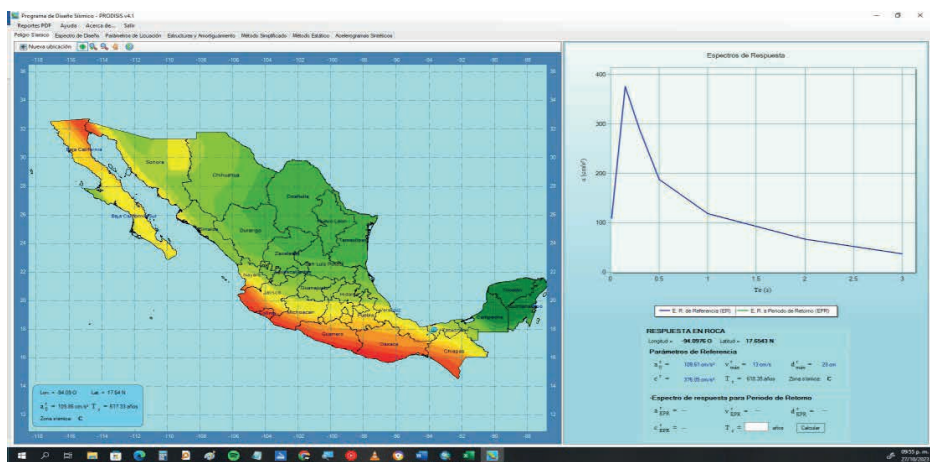


Figura 4. Gráfico del Programa PRODISIS donde se muestra el espectro de respuesta para la localidad La Cordobesa, y sus características de peligro sísmico.

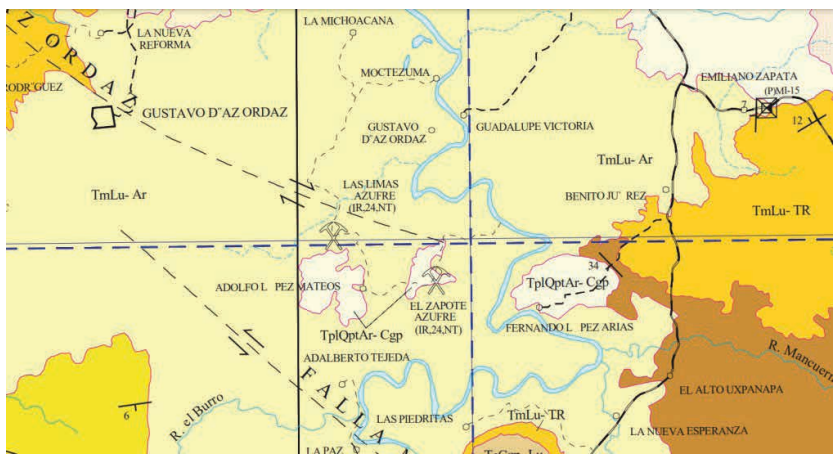


Figura 5. Características geológicas de la zona de estudio (<https://www.gob.mx/sgm>)

Otro sismo importante en la historia sísmica del Estado de Veracruz fue el sismo de Jáltipan, que se registró durante la madrugada del 26 de agosto de 1959, un sismo de magnitud $M_w=6.4$ que se registró entre Acayucan y Jáltipan en el Estado de Veracruz, destruyendo casi por completo al municipio de Jáltipan, dejando 20 muertos y grandes daños (Fig. 3)

PELIGRO SÍSMICO DE LA ZONA DE ESTUDIO

De acuerdo con el programa PRODISIS que es una herramienta del Manual de Diseño de Obras Civiles (MDOC) de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y nos genera los espectros de respuesta y de diseño para cualquier lugar en la república mexicana, se tendría que la zona de estudio se encuentra en la zona de peligro sísmico C, la cual es la segunda zona de peligro sísmico en el país, sólo por debajo de la que es considerada de mayor peligro, la zona D.

De acuerdo con la ubicación de la zona en estudio, se tiene que el espectro de respuesta para esta ubicación marca aceleraciones máximas de 376 gales (cm/seg^2) para un periodo de retorno de 618 años, lo que marca el importante peligro sísmico de esta zona y las altas aceleraciones del terreno que se podrían presentar (Fig. 4).

CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DE LA ZONA

De acuerdo con las cartas geológicas de INEGI y del Servicio Geológico Mexicano, el tipo de unidades basales están constituidas por la formación La Laja (To Lu-Ar) de edad Oligoceno, formada por lutitas y areniscas arcillosas y ocasionalmente calcáreas.

Sobreyaciendo a estas unidades tiene una sedimentación continua de edad Mioceno que inicia con la formación Depósito (Tm Lu-TR) del Mioceno inferior, que es una secuencia de lutitas grises micacíferas con intercalaciones de tobas y cenizas volcánicas, sobre la que descansa la formación Encanto (Tm Lu-Ar) de edad Mioceno medio, formada por cuerpos de lutitas arenosas, ligeramente calcáreas y cuerpos potentes de arenas de grano fino a medio, sobreyacidas por la formación Concepción (Tm Ar-Lu) de edad Mioceno superior, constituida por areniscas y lutitas micacíferas mal estratificadas y muy fosilíferas, la que a su vez es cubierta por la Formación Filisola (Tm ar-Lu) del Mioceno Superior y está constituida por cuerpos arenosos en ocasiones lenticulares y de grano medio a grueso con delgadas intercalaciones de lutitas (Fig. 5). Cabe mencionar que este tipo de rocas pueden actuar como almacenadoras de hidrocarburos y agua.

TRABAJO DE CAMPO

Se Instaló una estación de monitoreo sísmico no permanente y se tomó vibración ambiental para la microzonificación sísmica en la comunidad de Benito Juárez, y la Cordobesa en Las Choapas, Ver. El trabajo se llevó a cabo con coordinación entre la secretaria de Protección Civil Estatal, La Dirección de Protección Civil del municipio de Las Choapas, Regional de PC en Coatzacoalcos y Agente municipal de la localidad.

El agente municipal nos brindó todas las facilidades para la instalación de la estación de monitoreo sísmico en una vivienda de la localidad, donde se tenía acceso a una toma de corriente eléctrica para la alimentación del equipo, (Fig. 6).



Figura 6. Instalación y ubicación de estación de monitoreo sísmico no permanente la localidad de La Cordobesa municipio de las Choapas Veracruz.

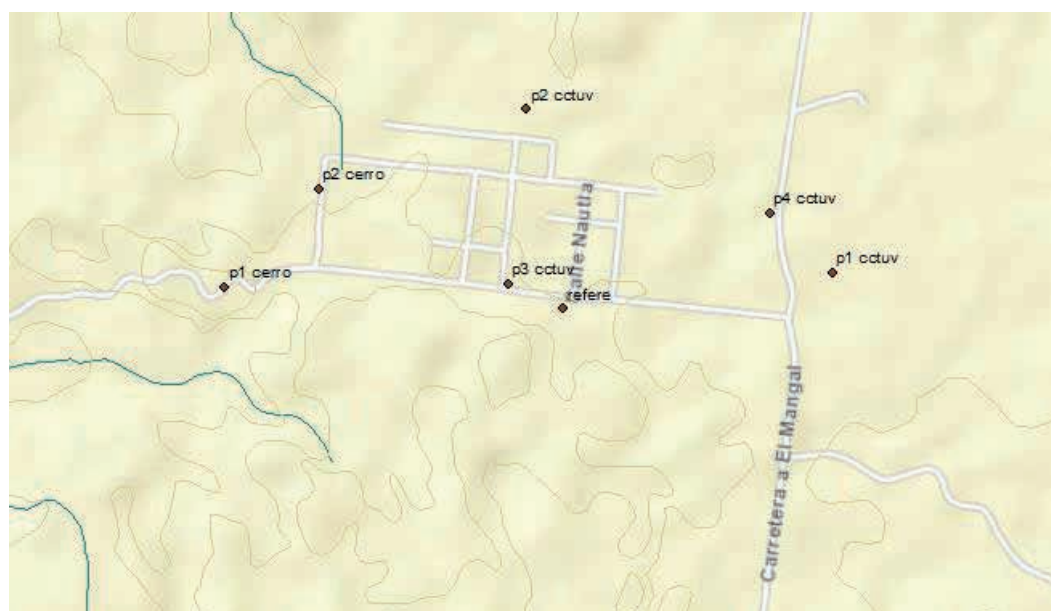


Figura 7. Ubicación de estación de monitoreo sísmico no permanente y los puntos tomados de vibración ambiental en la localidad de La Cordobesa municipio de las Choapas Veracruz.



Figura 8. Instalación y ubicación de estación de monitoreo sísmico no permanente la localidad de la cordobesa municipio de las Choapas Veracruz.

Se tomaron 6 puntos de vibración ambiental en la localidad de La Cordobesa y Benito Juárez municipio de las Choapas, (Fig.7 y 8) de lo cual se pudo obtener las características dinámicas del suelo.

De los registros de vibración ambiental se realizaron los análisis espectrales con ayuda del programa Geopsy (Geopsy, Marc Wathelet, 2002), con lo cual se pudo obtener las funciones de transferencia empíricas e inferir las características dinámicas de los suelos en la comunidad, además, de realizar un análisis preliminar de los resultados (Figuras 9 a la 13).

De los análisis espectrales al ruido sísmico en la localidad de la cordobesa, pudimos obtener los siguientes resultados que se resumen en la tabla 1.

COMENTARIOS FINALES

RESUMEN DE LOS RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

De acuerdo con los resultados de los puntos de vibración ambiental tomados en el municipio, se observan dos características importantes en las razones espectrales obtenidas para la zona de estudio, la primera, en la mayor parte de la razón espectral, se identifica un suelo sin amplificación dinámica importante, correspondiente al tipo de suelo descrito en la geología, formado por lutitas y areniscas consolidadas, considerando a los suelos sin un efecto de sitio marcado, la respuesta de estos suelos se podría considerar de $T=0.1$ seg y sin amplificación dinámicas, siendo las edificaciones de pocos niveles y construidos de materiales rígidos, como la mampostería o mampostería confinada, los que tendrían mayor respuesta ante eventos sísmicos, cabe recalcar que están son las edificaciones predomi-

nantes en el municipio, pero considerando la poca amplificación de los suelos se considera no se tendrían problemas debido a este efecto de sitio.

La segunda zona que se considera significativa se encuentra en bajas frecuencias y se presenta en todas las razones espectrales calculadas (Figuras 9 a la 13)., se encontró un efecto importante a las frecuencias de $F=0.25$ hz, periodos de $T=4$ seg (Fig. 14), con amplificaciones que van de 4 a 8 veces respecto a terreno firme (Fig. 15). Esto podría estar representando lo que se describe en las características geológicas de la zona, potentes estratos de arenas, no consolidadas. Este efecto podría generar amplificaciones dinámicas importantes de los suelos.

Como parte de la investigación se instaló una estación de monitoreo sísmico no permanentes en la localidad, para poder hacer un análisis de la intensidad sísmica local, e identificar las intensidades de las vibraciones percibidas por la población, Se recomienda el realizar más trabajo de campo en la zona, consistentes en toma de puntos de vibración ambiental y algunos experimentos geofísicos, lo anterior para poder definir mejor las características de los suelos y su velocidad de propagación de ondas de cortante. Lo anterior para precisar de una mejor manera el estudio de microzonificación y peligro sísmico.

REFERENCIAS

Flores T. y H. Camacho, "Terremoto Mexicano del 3 de enero de 1920", Boletín 38, Instituto Geológico Mexicano, 107 pp., (1922). <http://bcct.unam.mx/bogeolpdf/geo38/geo38-1.pdf>.

Geopsy. Sesame European (Neries) (Geopsy, Marc Wathelet, 2002), SESAME, "Guidelines for the implementation of the h/v spectral ratio technique on ambient vibrations measurements. Processing and interpretation". Sesame European research project WP12. European Commission – Research General Directorate. Project No. EVG1-CT-2000-00026, (2007).

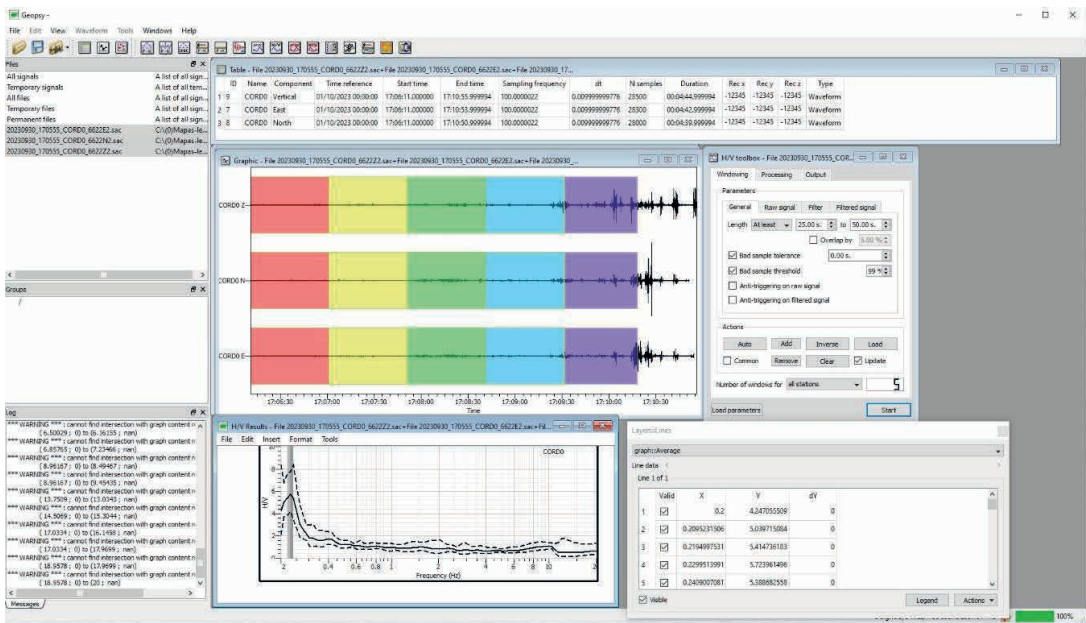


Figura 9. Resultados del análisis de la vibración ambiental para la estación de monitoreo sísmico de la cordobesa

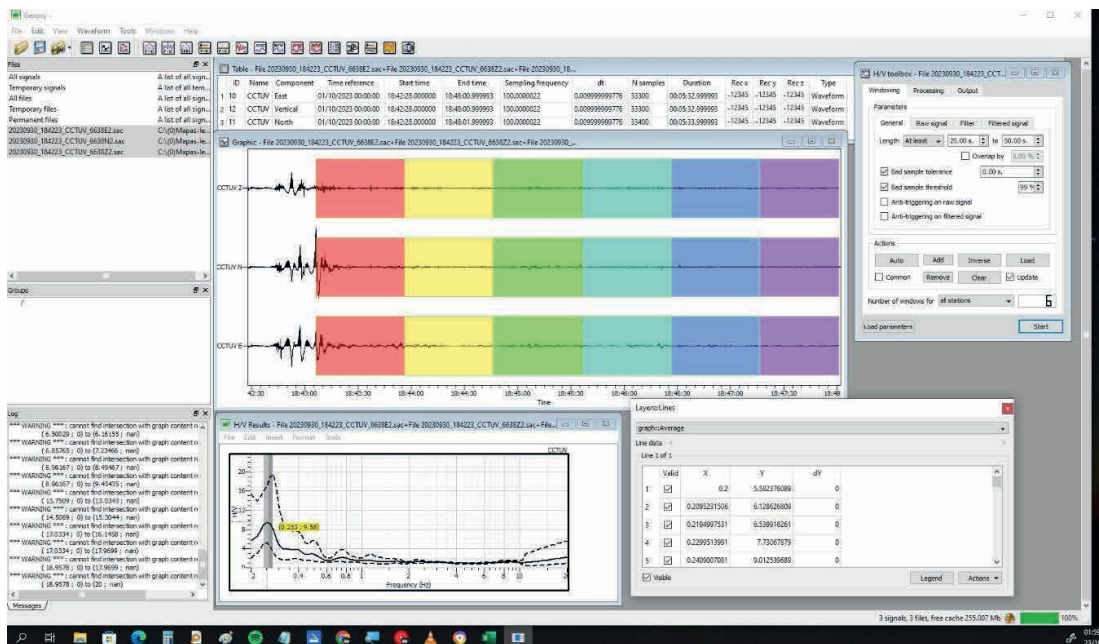


Figura 10. Resultados del análisis de la vibración ambiental para P1ctuv en La Cordobesa.

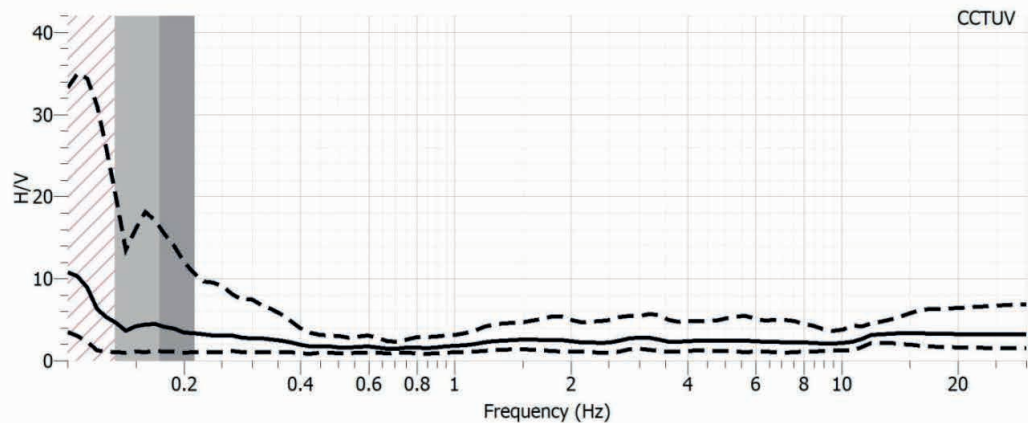
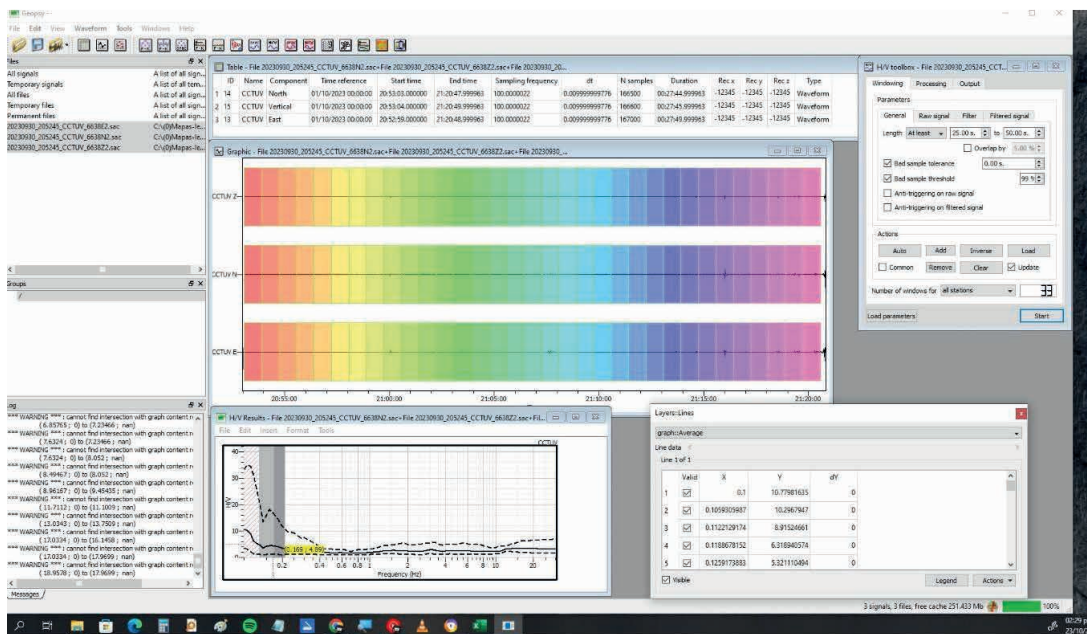


Figura 11. Resultados del análisis de la vibración ambiental para P3cctuv en La Cordobesa.

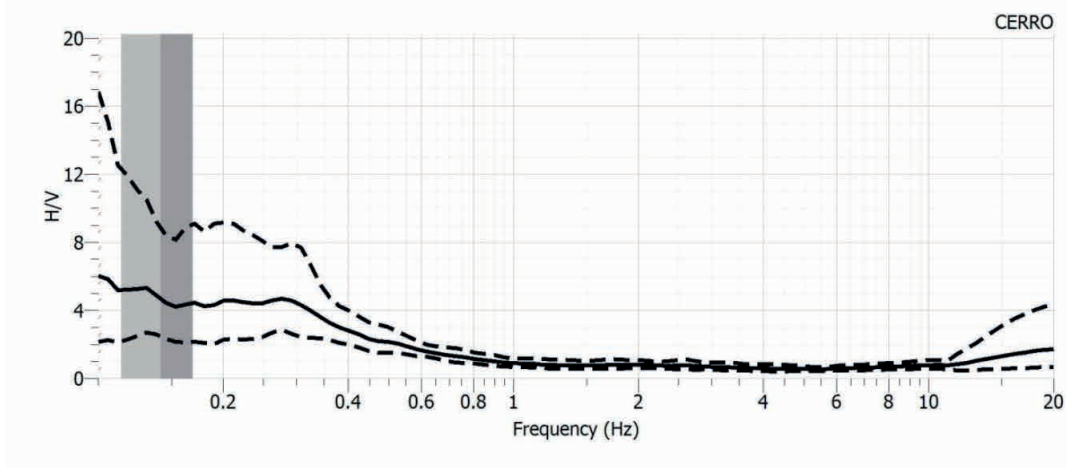
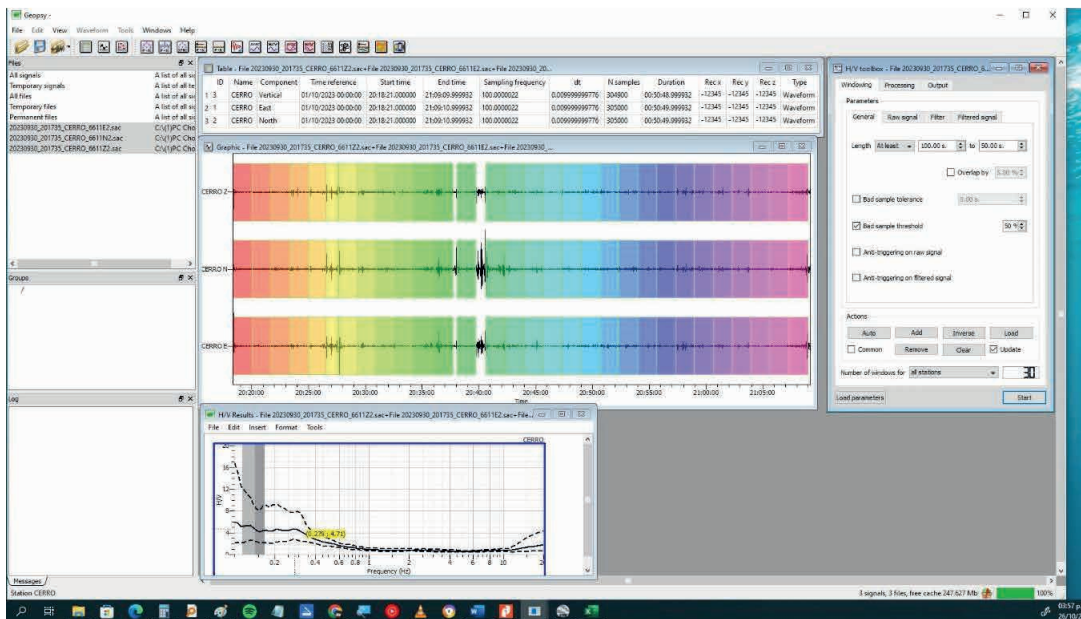


Figura 12. Resultados del análisis de la vibración ambiental para P1cerro en La Cordobesa.

				UTM	Zona 15Q	Bajas frecuencias			Frecuencias centrales		
ID		Latitud	Longitud	x	y	frec (F)	Per (T)	Amp (A)	frec (F)	Per (T)	Amp (A)
1	refere	17.654298	-94.097615	383573	1952277	0.245	4.082	3	10	0.1	1
2	p1 cctuv	17.654953	-94.091352	384238	1952345	0.253	3.953	8	10	0.1	1
3	p2 cctuv	17.658748	-94.098368	383496	1952770	0.245	4.082	3	10	0.1	1
4	p1 cerro	17.654978	-94.105467	382740	1952357	0.279	3.584	4.7	10	0.1	1
5	p3 cctuv	17.654878	-94.098903	383437	1952342	0.245	4.082	3	10	0.1	1
6	p2 cerro	17.657105	-94.103238	382978	1952591	0.243	4.115	3.12	10	0.1	1
7	p4 cctuv	17.6563	-94.092768	384088	1952495	0.253	3.953	8	10	0.1	1

Tabla 1. Resultados del análisis de la vibración ambiental para La Cordobesa.

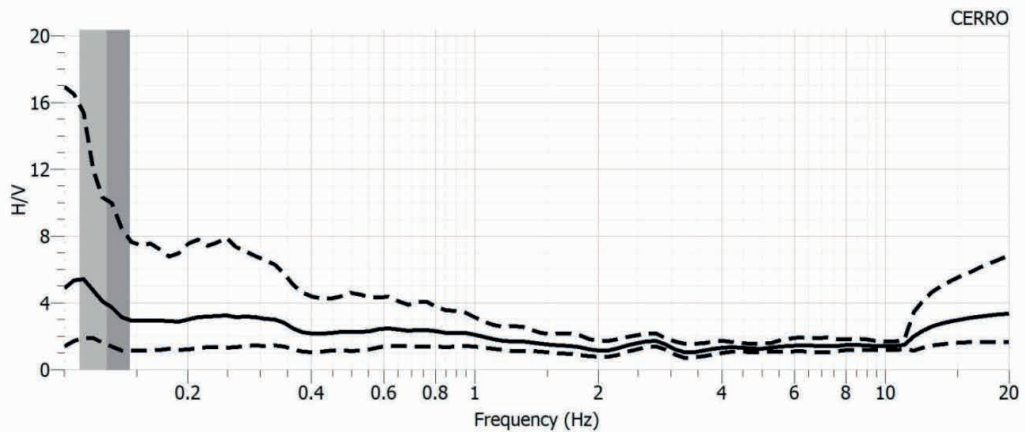
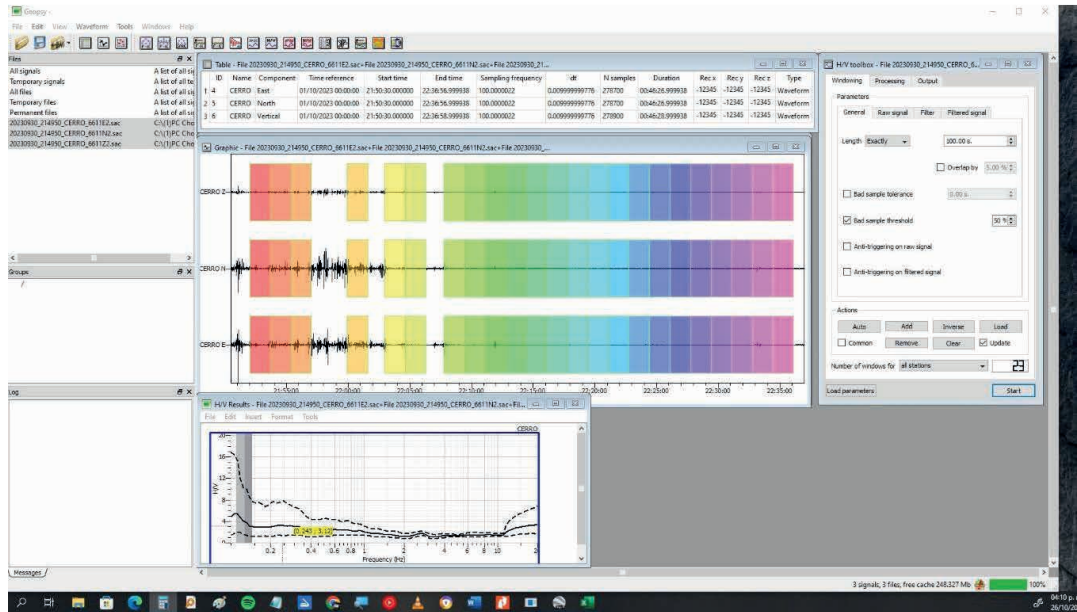


Figura 13. Resultados del análisis de la vibración ambiental para P2cerro en La Cordobesa.

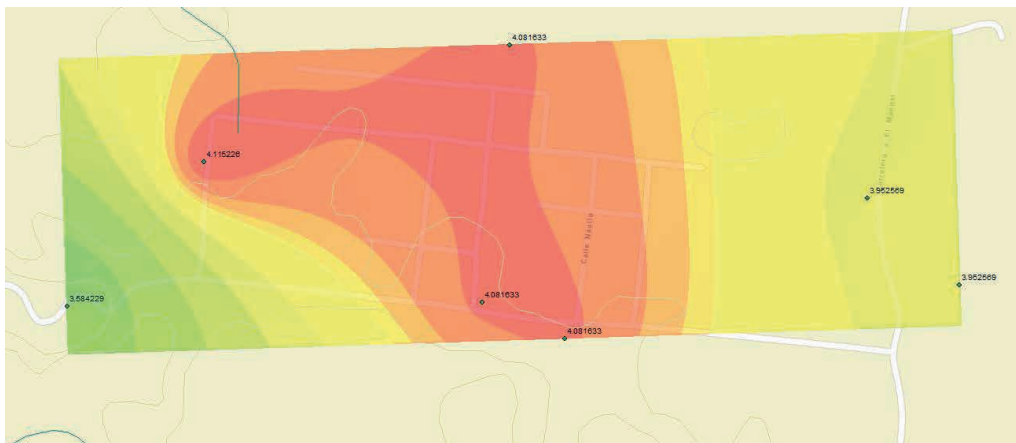


Figura 14. Mapa de isoperiodos para la estimación más desfavorable entre los $T=4$ seg de periodo del suelo.

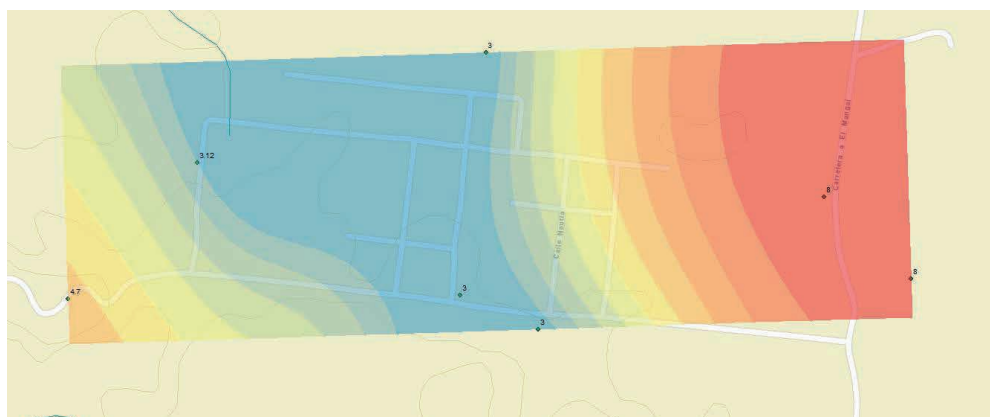


Figura 15. Mapa de isoamplitudes para la estimación más desfavorable de $T=4$ seg de periodo del suelo.