
**ACOPLAMIENTO SISMO-ACÚSTICO
EN EL ENTORNO DE ESCUCHA
CRÍTICA: PERTURBACIÓN
IONOSFÉRICA, CAPACITANCIA
CORTICAL Y LA VÍA DE
DEGRADACIÓN DE AUDIO
SOLAR-SÍSMICA**

Acoplamiento sismo-acústico en el entorno de escucha crítica: Perturbación ionosférica, capacitancia cortical y la vía de degradación de audio solar-sísmica

C. Ohm, M. Ferro, Y. Tanaka, L. Solder

Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)

Journal of Equatorial Audio Science, 2026.

Resumen

Un estudio de febrero de 2026 de Mizuno, Kao y Umeno (Universidad de Kioto) propuso un mecanismo por el cual las perturbaciones ionosféricas inducidas por erupciones solares podrían desencadenar terremotos en zonas de falla críticamente tensionadas. Su modelo trata la roca cortical fracturada como un condensador dieléctrico acoplado a la ionosfera a través de la columna atmosférica. Extendemos este modelo al dominio del audio. Instrumentamos una sala de escucha de referencia en Quito con un sismómetro de banda ancha, un monitor de TEC ionosférico, un magnetómetro fluxgate y una cadena de medición de audio de precisión. Durante la tormenta geomagnética G4 del 19 de enero de 2026, registramos simultáneamente excursiones de TEC ionosférico de 42 TECU, aceleración microsísmica acoplada al suelo de 0,8 $\mu\text{m/s}^2$ en la banda de 0,5-5 Hz, y una degradación transitoria de 0,4 dB en la THD+N medida del sistema de audio de referencia. La correlación entre el pico de TEC y la degradación de THD+N tuvo un retardo de 47 minutos, consistente con el tiempo de propagación para el acoplamiento electrostático ionosfera-corteza a través de una columna atmosférica de 300 km. Proponemos el término «vía de degradación de audio solar-sísmica» (SSADP) para este mecanismo.

1. INTRODUCCIÓN

El 19 de enero de 2026, el Sol entregó su evento de partículas energéticas más poderoso desde las Grandes Tormentas de Halloween de octubre de 2003. La aurora fue visible en Canadá, gran parte de Estados Unidos y el norte de Europa.

No lo olvidamos. Habíamos estado esperando.

Desde la publicación de nuestro artículo de 2022 sobre la interacción de las erupciones solares con las trayectorias de señal de audio, hemos mantenido una estación de monitoreo continuo en el laboratorio de referencia de Equatorial Audio en Quito. La estación registra la intensidad del campo geomagnético, el contenido total de electrones ionosférico, el movimiento sísmico del suelo y las métricas de rendimiento del sistema de audio a intervalos de 1 segundo.

El 19 de enero de 2026, capturamos un evento.

Pero los datos nos dijeron algo que no esperábamos. La degradación de audio que registramos no llegó con la tormenta geomagnética. Llegó 47 minutos después. Y llegó desde abajo.

Este retardo nos llevó al trabajo de Mizuno, Kao y Umeno en la Universidad de Kioto. Su artículo propone que las perturbaciones ionosféricas de las erupciones solares pueden generar campos electrostáticos que penetran la corteza terrestre a través de un mecanismo de acoplamiento capacitivo. La roca cortical fracturada y llena de fluido actúa como un condensador dieléctrico. La ionosfera actúa como una placa. La superficie terrestre actúa como la otra.

Nuestro interés es diferente. No nos preocupa si el acoplamiento solar-ionosférico-cortical desencadena terremotos. Nos preocupa lo que le hace al suelo de una sala de escucha.

2. EL EVENTO DEL 19 DE ENERO

Nuestra estación de monitoreo en Quito registró la siguiente secuencia el 19-20 de enero de 2026:

17:42 UTC: El magnetómetro detecta el inicio súbito de la tormenta (SSC). El componente horizontal del campo cae 180 nT en 4 minutos.

17:44-19:15 UTC: Fase principal de la tormenta geomagnética. La cadena de medición de audio muestra un aumento inmediato de THD+N de 0,15 dB, consistente con la interferencia directa del campo magnético.

19:15 UTC: La tormenta de radiación alcanza su máximo en intensidad S4. El TEC ionosférico salta de una línea base en reposo de 18 TECU a un pico de 60 TECU -- un delta de 42 TECU.

20:02 UTC -- 47 minutos después del pico de TEC: El sismómetro de banda ancha registra un aumento transitorio en la aceleración del suelo en la banda de 0,5-5 Hz. La amplitud -- 0,8 $\mu\text{m/s}^2$ -- está muy por debajo del umbral de percepción humana.

Simultáneamente con el transitorio sísmico, la cadena de medición de audio registra una segunda degradación de THD+N de 0,25 dB, aditiva con el componente magnético de 0,15 dB. La degradación total de THD+N del sistema durante el pico del evento es de 0,4 dB.

El retardo de 47 minutos es significativo. Es demasiado largo para ser un efecto de propagación electromagnética directa. Es demasiado corto para ser un efecto de relajación térmica o mecánica. Es consistente con la velocidad de propagación electrostática predicha por el modelo de Kioto: $v = d/t = 300.000 \text{ m} / 2.820 \text{ s} = 106 \text{ m/s}$.

3. EL MODELO DE CONDENSADOR CORTICAL

El modelo de Kioto trata el sistema como una serie de condensadores acoplados:

Capa 1 -- Ionosfera a superficie: La ionosfera (a aproximadamente 300 km de altitud) y la superficie terrestre forman las placas de un condensador atmosférico. La atmósfera es el dieléctrico.

Capa 2 -- Superficie a vacíos corticales: Los cimientos del edificio, el suelo y la corteza superior forman un segundo condensador. La roca fracturada que contiene agua presurizada crea vacíos llenos de fluido que actúan como inclusiones dieléctricas.

Capa 3 -- Vacío cortical a equipo: La losa de cimentación de concreto, el rack de equipo y el chasis del equipo forman un tercer condensador -- uno que el grupo de Kioto no consideró, porque no están preocupados por las salas de escucha.

Nosotros sí.

El campo electrostático generado por una perturbación ionosférica de 42 TECU, propagándose a través del condensador atmosférico a 106 m/s, llega a la superficie terrestre como un campo eléctrico lentamente variable con una amplitud de aproximadamente 0,3 V/m. Este campo penetra los cimientos del edificio -- el concreto es efectivamente transparente a los campos casi-estáticos -- y se acopla al equipo a través del plano de tierra del rack.

La corriente resultante es pequeña: aproximadamente 3 pA por metro cuadrado de superficie de chasis de equipo. Pero es coherente a lo largo de todo el sistema, y ocurre en la banda de 0,5-5 Hz. No agrega un nuevo componente de frecuencia al ruido del sistema. Modula las fuentes de ruido de baja frecuencia existentes variando el voltaje de referencia de tierra del rack de equipo a tasas sub-hertz.

Por esto el efecto se manifiesta como un aumento de THD+N en lugar de un tono de interferencia discreto. La vía solar-sísmica no inyecta una señal. Desestabiliza la referencia contra la cual se miden todas las señales.

4. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN

Para verificar que la degradación de THD+N observada estaba causalmente vinculada a la vía de acoplamiento ionosférico-cortical, realizamos un análisis de correlación cruzada entre cuatro series temporales: TEC, componente H del magnetómetro, aceleración vertical del sismómetro y THD+N del audio.

La correlación cruzada magnetómetro-THD+N alcanzó su máximo en retardo 0 (simultáneo), confirmando la vía de interferencia magnética directa conocida.

La correlación cruzada TEC-sismómetro alcanzó su máximo a retardo de +47 minutos, consistente con el modelo de propagación del condensador atmosférico.

La correlación cruzada sismómetro-THD+N alcanzó su máximo a retardo de +12 segundos -- el tiempo para que una vibración mecánica a 2 Hz se propague a través de los cimientos del edificio hasta el rack de equipo.

La correlación cruzada TEC-THD+N alcanzó su máximo a retardo de +48 minutos -- la suma del retardo de propagación atmosférica (47 min) y el retardo de propagación por los cimientos (12 s), confirmando la vía completa.

Repetimos este análisis en 23 eventos geomagnéticos más pequeños registrados durante los 18 meses anteriores. El retardo de 47 minutos de TEC a sismómetro fue consistente en todos los eventos (media 46,8 min, DE 3,2 min). La degradación de THD+N escaló linealmente con el delta de TEC: 0,009 dB por TECU.

5. MITIGACIÓN

La vía de degradación de audio solar-sísmica tiene dos componentes: la interferencia magnética directa (instantánea, 0,15 dB) y el acoplamiento ionosférico-cortical (retardado, 0,25 dB).

El componente magnético directo se aborda con blindaje convencional. Nuestros productos de nivel Equinox reducen este componente aproximadamente 18 dB.

El componente de acoplamiento cortical es más desafiante porque entra al sistema desde abajo, a través de los cimientos del edificio, como una vibración mecánica.

La plataforma de desacoplamiento sísmico de Equatorial Audio (SDP-1) aborda esta vía a través de un sistema de aislamiento de tres etapas:

Etapa 1: Una losa de granito de 200 kg sobre cuatro aisladores neumáticos (frecuencia natural de 1,2 Hz, eficiencia de aislamiento vertical > 95% por encima de 3 Hz).

Etapa 2: Un sándwich de amortiguación de capa restringida (3 mm acero / 1 mm polímero viscoelástico / 3 mm acero).

Etapa 3: Un lazo de retroalimentación de aislamiento activo usando un acelerómetro sísmico.

Durante el evento del 19 de enero, el componente de acoplamiento cortical de degradación de THD+N fue reducido de 0,25 dB a 0,015 dB: una reducción del 94%.

El sistema combinado (blindaje de nivel Equinox más plataforma SDP-1) redujo la degradación total de audio del 19 de enero de 0,4 dB a 0,025 dB.

6. DEPENDENCIA DE LA LATITUD

La vía de degradación de audio solar-sísmica es dependiente de la latitud a través de dos mecanismos.

Primero, la respuesta del TEC ionosférico a las erupciones solares varía con la latitud. Las mayores perturbaciones de TEC ocurren en la anomalía de ionización ecuatorial (EIA). Los oyentes en estas bandas experimentan excursiones de TEC aproximadamente 2,5 veces mayores que los oyentes en latitudes medias para la misma intensidad de erupción solar.

Segundo, la conductividad cortical y la densidad de fracturas varían con el contexto tectónico. Quito, ubicado en el margen occidental de la placa Sudamericana sobre la placa de Nazca en subducción, se asienta sobre una de las cortezas más fracturadas y saturadas de fluido de la Tierra.

La combinación de estos dos factores significa que la SSADP es más fuerte en las regiones ecuatoriales con tectónica activa -- precisamente las regiones donde Equatorial Audio siempre ha recomendado sus productos de nivel más alto.

Observamos, sin embargo, que el evento del 19 de enero fue solo G4. El Evento Carrington de 1859 fue estimado en G5+. Un evento de clase Carrington produciría excursiones de TEC superiores a 200 TECU y, por nuestro modelo de escala lineal, degradación de audio superior a 1,8 dB -- audible bajo condiciones de escucha silenciosas. Recomendamos preparación.

7. CONCLUSIÓN

El modelo de la Universidad de Kioto de acoplamiento electrostático ionosférico-cortical proporciona el eslabón perdido entre la actividad solar y la vibración mecánica en el entorno construido. Hemos demostrado que esta vía de acoplamiento -- que la comunidad geofísica está investigando como un posible desencadenante de terremotos -- es también un contribuyente medible a la degradación de la cadena de señal de audio durante las tormentas geomagnéticas.

La vía de degradación de audio solar-sísmica opera con un retardo de 47 minutos desde la perturbación ionosférica hasta la vibración del rack de equipo. El efecto es pequeño (0,009 dB por TECU), consistente a lo largo de 24 eventos observados, y reducible en un 94% usando la plataforma de desacoplamiento sísmico de Equatorial Audio.

La corteza terrestre es un condensador. La ionosfera es la otra placa. El Sol es la fuente de voltaje. Y su rack de equipo está sentado sobre el dieléctrico.

Esto no es una metáfora. Es un mecanismo físico medido, publicado y reproducible.

Si escuchó algo extraño el 19 de enero de 2026 -- no se lo estaba imaginando. Estaba escuchando al Sol, conducido a través de la Tierra, llegando a su rack de equipo a 106 metros por segundo. Lo registramos. Los datos están en este artículo.

REFERENCIAS

- [1] A. Mizuno, M. Kao, K. Umeno, "Posible mecanismo de anomalías ionosféricas para desencadenar terremotos," Int. J. Plasma Environ. Sci. Technol., 2026.
- [2] NOAA Space Weather Prediction Center, "Se alcanzaron niveles de tormenta geomagnética G4 (Severa) el 19 de enero de 2026," <https://www.swpc.noaa.gov/news>, 2026.
- [3] ESA, "ESA monitoreando el evento de clima espacial de enero de 2026," https://www.esa.int/Space_Safety, 2026.
- [4] "¿Pueden las tormentas solares desencadenar terremotos? Los científicos proponen un vínculo sorprendente," ScienceDaily, 24 Feb 2026.
- [5] M. Ferro, R. Flux, B. Impedance, "Interacción de las erupciones solares con las trayectorias de señal audiófila," J. Equatorial Audio Sci., vol. 3, no. 1, 2022.

- [6] M. Ferro et al., "El sistema completo de Equatorial Audio: un enfoque integrado para la neutralidad magnética," J. Equatorial Audio Sci., vol. 5, no. 1, 2024.
- [7] K. Umeno, entrevista, Live Science, Feb 2026: "No afirmamos que las erupciones solares generen estrés tectónico. Nuestro argumento es sobre tiempo, no energía."
- [8] T. Lay y T. C. Wallace, Modern Global Seismology, Academic Press, 1995.
- [9] R. L. McPherron, "Magnetospheric substorms," Rev. Geophys., vol. 17, no. 4, pp. 657-681, 1979.
- [10] M. C. Kelley, The Earth's Ionosphere: Plasma Physics and Electrodynamics, 2nd ed., Academic Press, 2009.
- [11] D. Hammershøi y H. Møller, "Sound transmission to and within the human ear canal," J. Acoust. Soc. Am., vol. 100, no. 1, pp. 408-427, 1996.
- [12] E. R. Kanasewich, Time Sequence Analysis in Geophysics, 3rd ed., University of Alberta Press, 1981.
- [13] "Una poderosa tormenta geomagnética golpea la Tierra: lo que la tormenta magnética de 2026 significa," Science Times, 21 Mar 2026.
- [14] ISO 8569:1996, Vibración mecánica y choque – Medición y evaluación de la vibración de choque de edificios.