

Análisis espacial de emisión de ruido en el campo geotérmico de Los Azufres, Mich.

Emilio Camarena Magaña y Christian A. Ordaz Méndez

Comisión Federal de Electricidad, Residencia de Los Azufres. Correo: emilio.camarena@cfe.gob.mx

Resumen

Se realizaron mediciones sónicas en un área de 4.2 km² localizada en la zona sur del campo geotérmico de Los Azufres, Mich., a fin de verificar la emisión de ruido asociada a las actividades usuales en un campo geotérmico en operación. En esta área se encuentran siete pozos productores en operación y tres pozos abandonados. La emisión promedio de ruido en estos últimos fue de 36.5 decibeles (dB), considerándose como la condición natural de emisión de ruido ambiental. En el árbol de válvulas de los pozos productores en operación el ruido va de los 70.9 a los 91.7 dB, mientras que en válvulas abiertas de descarga de vaporductos la emisión puede llegar hasta los 118 dB. En México el límite máximo permisible de ruido en la periferia de un predio es de 68 dB en horario diurno y de 65 dB en horario nocturno. A partir de las mediciones realizadas en la periferia de los predios ocupados por los pozos geotérmicos, se concluye que cuatro de los siete pozos productores medidos no rebasan el máximo permisible, mientras que los otros tres sí parecen hacerlo aunque no existe un límite definido para sus predios. Se recomienda re-establecer los puntos de medición de conformidad a lo indicado por la norma oficial en materia ambiental, lo que posibilitará que la emisión de ruido de varios de los pozos que actualmente se han venido reportando como fuera de la norma, quede dentro de ella.

Palabras clave: Impacto ambiental, Los Azufres, medición de ruido, pozos geotérmicos, normas oficiales.

Spatial analysis of noise emission at the Los Azufres geothermal field, Mich.

Abstract

To verify noise emissions from the usual activities in an operating geothermal field, noise measurements were carried out in a 4.2 km² area in the southern zone of the Los Azufres, Mich., geothermal field. There are seven production wells operating here and three abandoned wells. The average noise emission in the southern zone was 36.5 decibels (dB), regarded as the natural reading of environmental-noise emission. In the Christmas (valves) tree for operating production wells, the noise ranges from 70.9 to 91.7 dB, while in open discharging valves for steam-pipes, the noise can reach 118 dB. In Mexico the maximum permissible limit of noise on the periphery of a property is 68 dB in daytime and 65 dB at night. Based on measurements made at the periphery of lots where the geothermal wells are located, four out of seven production wells measured do not exceed the maximum allowable level, while the other three seem to exceed it. However no definite limits exist for the lots. It is recommended that the measurement points as indicated by the official standard in environmental matters be re-established, which will enable noise emissions by several wells that have exceeded the permissible limit, to actually fall within it.

Keywords: Environmental impact, Los Azufres, noise measurement, geothermal wells, official regulations.

1. Introducción

El campo geotérmico de Los Azufres se localiza en el estado de Michoacán, a 92 km al este de la Ciudad de Morelia y a 30 km al NNW de Ciudad Hidalgo, que es la población importante más cercana. Se ubica dentro de la provincia fisiográfica de la Faja Volcánica Mexicana y cubre una superficie aproximada de 90 km²

(Pérez y Gómez, 1994). Tiene actualmente una capacidad geotermoeléctrica instalada de 188 MW y tanto el campo como las unidades generadoras son operados por personal de la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

Para este estudio se realizaron lecturas de las emisiones sónicas en la parte sur del campo (Figura 1) abarcando un área aproximada de 4.2 km² con la finalidad de cuantificar los niveles de ruido emitidos en las plataformas de los pozos, hacer una representación espacial de estas mediciones y evaluar cuáles de ellos cumplen con las especificaciones técnicas en la materia.

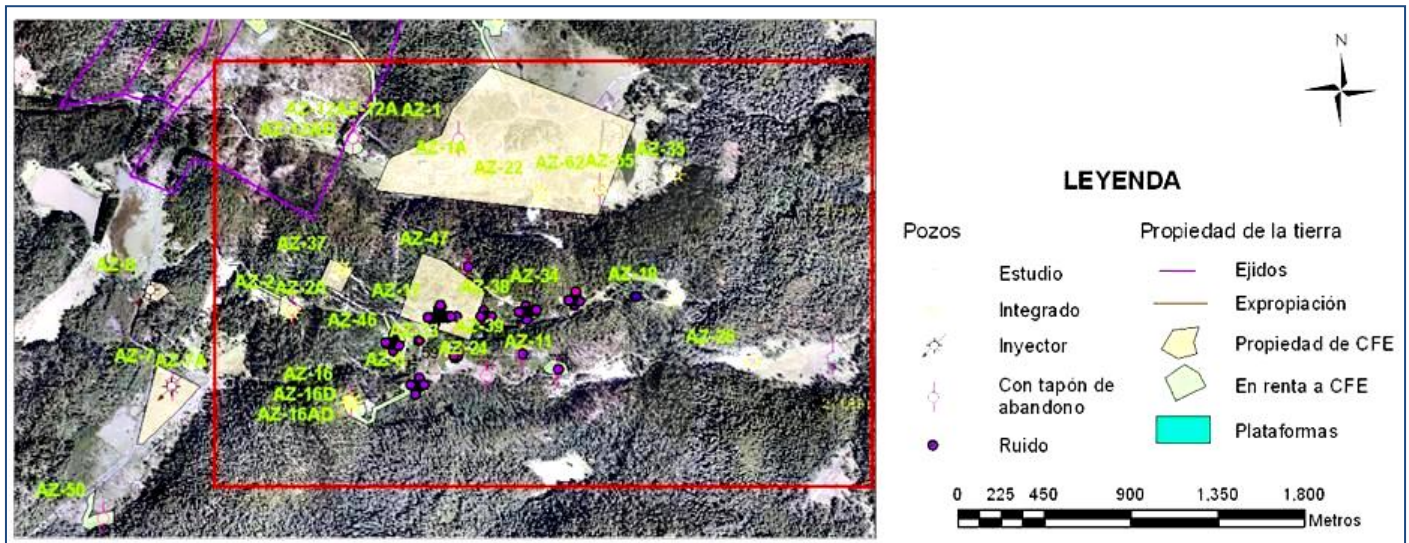


Fig. 1. Localización de la zona de estudio en la parte sur del campo geotérmico de Los Azufres.

De acuerdo a Samir (1992), el sonido es una forma de energía que se trasmite por la colisión de las moléculas del medio, unas contra otras, sucesivamente. Teóricamente el sonido se representa en forma de ondas a partir de su fuente emisora, influyendo en su propagación condiciones y elementos ambientales como la temperatura, presión atmosférica y el viento, así como barreras estructurales artificiales (edificios, bardas) o naturales (vegetación). La escala para medir la intensidad sónica es logarítmica y su unidad es el decibel (dB), presentando una mejor correlación con la audibilidad humana que la escala absoluta con unidades en N-m².

El término ruido puede aplicarse a todo sonido no deseado por el receptor. Bajo esta definición, incluso una pieza maestra de música puede ser calificada de ruido por quien en cierto momento no desee escucharla. Por otra parte, contaminación acústica es el exceso de sonido que altera las condiciones normales del medio ambiente en una determinada zona. Si bien el ruido no se acumula, traslada o mantiene en el tiempo como otros tipos de contaminantes, también puede causar daños en la calidad de vida de las personas si no es controlado. Las principales causas de la contaminación acústica son las relacionadas con las actividades humanas como el transporte, la construcción de edificios y la actividad industrial.

En México la Norma Oficial Mexicana NOM 081-ECOL-1994 (SE, 1994) es la que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de fuentes fijas y su método de medición. La norma indica que las emisiones sónicas de fuentes fijas deben medirse obteniendo su nivel sonoro en ponderación "A", y expresarse en dB, y que el límite máximo permisible de nivel sonoro emitido por fuentes fijas es de 68 dB entre las 6 y las 22 horas y de 65 dB entre las 22 y las 6 horas.

2. Metodología y mediciones especiales

El área del campo que se escogió para realizar el análisis sónico incluye 10 pozos de la zona sur: AZ-6, AZ-11, AZ-17, AZ-33, AZ-34, AZ-36, AZ-38, AZ-39, AZ-46 y AZ-47) (Fig. 1). Estos pozos se encuentran en distintas condiciones, ya que algunos están en operación como pozos productores, otros están en estudio y otras más son pozos abandonados, encontrándose con tapón de abandono. Los pozos inyectores no se consideraron para el presente trabajo, debido a que generan un sonido comprendido entre 49 y 61.8 dB, el cual está dentro de los máximos permisibles de la norma mencionada (Castillo, 1996).

La NOM 081 establece textualmente en su punto 5.3.2.4.3: “Si la fuente fija no se halla limitada por confinamientos, pero se encuentran claramente establecidos los límites del predio (cercas, mojoneras, registros, etc.), los puntos de medición deben situarse lo más cerca posible a los límites exteriores del predio, a una altura del piso no inferior a 1.20 m” (SE, 1994).

Para el presente estudio la fuente fija de emisión de ruido se consideró que era el árbol de válvulas de los pozos geotérmicos. Tradicionalmente, el “predio” ha sido considerado como la plataforma del pozo, pero para el presente estudio el predio se definió como el área, que incluye a la plataforma del pozo, comprendida por el perímetro cercado con malla ciclónica alrededor del pozo. Este predio o es propiedad de la CFE o es usufructuado por esta institución mediante contratos de renta con sus propietarios. En algunos casos el predio carece de cerca, y en estos el límite del mismo se consideró como la zona del derredor del pozo hasta donde llega el material originalmente removido para construir la plataforma del pozo.

Los pozos con tapón de abandono se consideraron como fuentes de no emisión de ruido, ya que no existe en el predio ninguna fuente fija. En las plataformas de los otros tipos de pozos (en operación o en estudio), se tomaron lecturas a cada 5 metros a partir del árbol de válvulas hasta que la lectura quedó dentro del límite máximo de emisión permisible; se tomó como tal el límite máximo permisible en horario nocturno (65 dB), que es el más bajo. Las lecturas se tomaron con un sonómetro *Soundpro SE/DL* fabricado por *Quest Technologies*, a una altura de 1.20 m del suelo, siguiendo aproximadamente cada una de las cuatro direcciones cardinales a fin de registrar los posibles cambios debidos al viento y tomar en cuenta el modelo teórico de la dispersión del sonido que es en forma radial.

Las lecturas sónicas en las plataformas de los pozos abandonados resultaron ser de un promedio de 36.3 dB (ver Tabla 1). Este promedio se consideró como la condición natural de emisión de ruido ambiental en este trabajo.

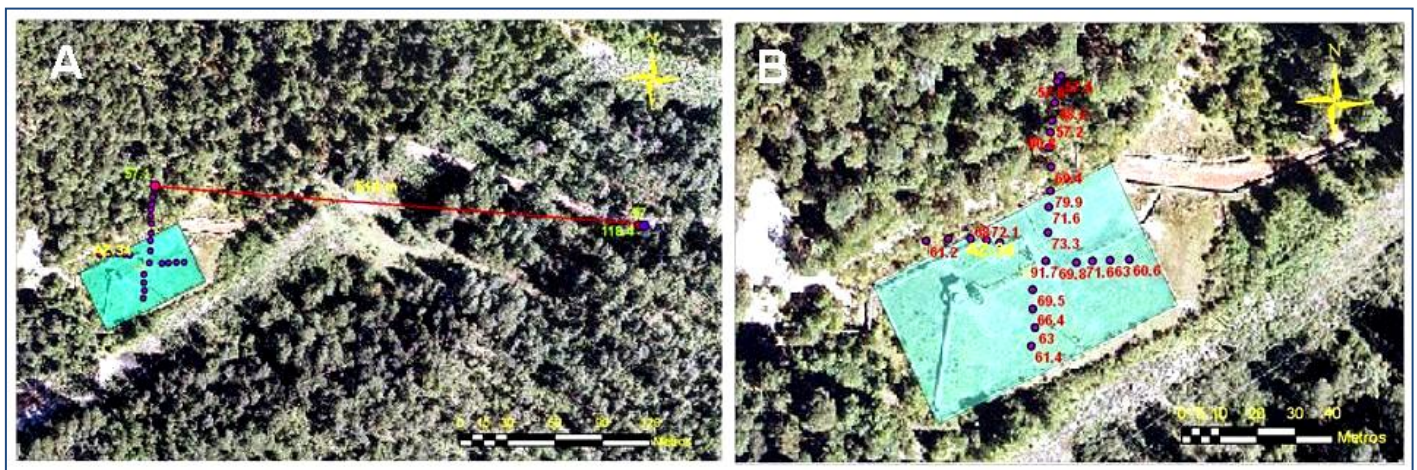


Figura 2. A) Plataforma del pozo Az-34, puntos de muestreo y en rojo la distancia a una purga del vaporducto. B) Acercamiento a la plataforma y emisiones de ruido en dB. Misma leyenda que en Fig. 1.

Además de los pozos, se tomaron mediciones especiales de ciertos elementos de interés. El primero fue una purga o válvula de escape de vapor abierta en una tubería de conducción de vapor (vaporducto) que va del pozo AZ-34 a la Unidad 6 (5 MW). Este elemento era una fuente fija de emisión de ruido, aunque no permanente como en el caso de los pozos. En esta fuente la emisión registrada fue de 118 dB (Tabla 1), descendiendo a 57.1 dB a una distancia aproximada de 630 m del pozo AZ-34 (Fig. 2A), bajo cobertura vegetal. Por lo tanto, la purga abierta tenía un impacto de 81.7 dB sobre la condición sónica ambiental. Por otra parte, cuando la purga se encuentra cerrada la lectura promedio de ruido ambiental fue de 56.7 dB (Tabla 1), la cual también está por encima del valor esperado para las condiciones naturales, pero dentro del máximo permisible. Esto se explica porque este sitio se ve afectado también por el ruido que proviene de la Unidad 6 (de 5 MW) y del pozo productor AZ-18.

El segundo elemento de interés fue un punto sobre la carretera frente a la entrada de un balneario ("Puentecillas"). La lectura obtenida en este sitio fue de 59 dB (Tabla 1), la cual también rebasó los 36.3 dB de las condiciones naturales, lo que se atribuyó a la influencia de diversos pozos productores (AZ-6, AZ-17, AZ-33, AZ-36 y AZ-46, entre otros) localizados en el derredor. En este lugar también se registró el tránsito de un vehículo obteniéndose una lectura de 67.5 dB (Tabla 1) (Fig. 3).

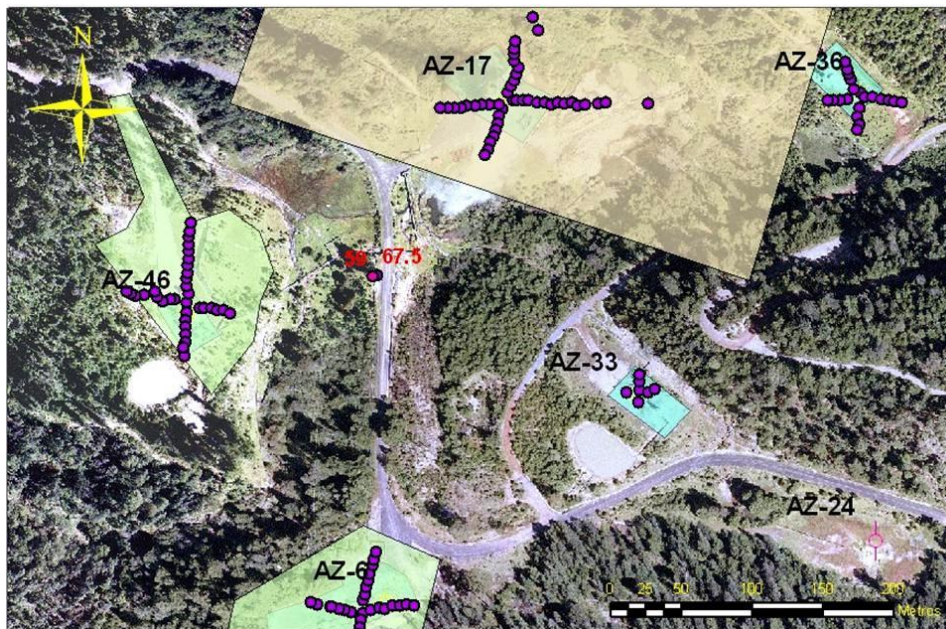


Fig. 3. Mapa con una de las mayores concentraciones de pozos de la zona (Pozos AZ-6, AZ-17, AZ-24, AZ-33, AZ-36 y AZ-46). Aparecen los puntos de muestreo y los valores obtenidos cerca del balneario Puentecillas. Misma leyenda que en la Fig. 1.

El tercer elemento de interés fue un sitio fuera de la zona de estudio, con el objetivo de medir un ambiente libre de emisiones provenientes de las instalaciones geotérmicas. El sitio elegido se encuentra en el llano de la presa "Llano Grande" con coordenadas X = 327902.66, Y = 2189604.95, donde se obtuvieron 46.8 dB con viento moderado y de 31 dB sin viento y bajo cobertura vegetal (Tabla 1). La diferencia de 15.8 dB se atribuyó al sonido que se genera cuando el viento mueve las ramas de los árboles.

Por último, el cuarto registro especial se tomó en los límites de la plataforma del pozo AZ-38, ya que algunas partes de su periferia cuentan con vegetación. El objetivo aquí fue determinar el papel de la vegetación, obteniéndose una lectura de 70.1 db detrás de la vegetación y de 73.2 dB al lado de la misma (Tabla 1). Por lo tanto, en este punto la vegetación solamente atenuó el ruido en 3.1 dB, lo que representa apenas un 4%.

Las lecturas obtenidas en estos sitios y en los árboles de válvulas de cada pozo, considerados como la fuente fija de emisión de ruido, se presentan en la Tabla 1.

Sitio	Condición	Lectura en dB
Purga en vaporducto	Abierta	118.0
	Cerrada	56.7
Entrada a balneario	Sin tránsito	59.0
	Con tránsito	67.5
Fuera de instalaciones geotérmicas	Con viento	46.6
	Sin viento	31.0
Límite de la plataforma del pozo AZ-38	Con vegetación	70.1
	Sin vegetación	73.2
Árbol de válvulas Pozo AZ-6	Pozo productor	87.2
Árbol de válvulas Pozo AZ-11	Pozo abandonado	35.4
Árbol de válvulas Pozo AZ-17	Pozo productor	87.3
Árbol de válvulas Pozo AZ-33	Pozo productor	70.9
Árbol de válvulas Pozo AZ-34	Pozo productor	91.7
Árbol de válvulas Pozo AZ-36	Pozo productor	82.5
Árbol de válvulas Pozo AZ-38	Pozo productor	91.0
Árbol de válvulas Pozo AZ-39	Pozo abandonado	37.2
Árbol de válvulas Pozo AZ-46	Pozo productor	84.5
Árbol de válvulas Pozo AZ-47	Abandonado con purga	56.9

Tabla 1. Lecturas de emisión de ruido en sitios del campo de Los Azufres.

3. Análisis de emisiones de los pozos productores

Pozo AZ-6

Este pozo se ubica en las coordenadas X = 325393, Y = 2188065.9, es un pozo productor en operación y emite 87.2 dB en su árbol de válvulas (Tabla 1). En el límite norte de su plataforma se midieron 70.2 dB, que rebasaron el límite permisible de 65 dB, aunque sólo 10 metros adelante el valor había descendido a 62.2 dB. En el límite sur el registro fue de 79.2 dB, quedando dentro del límite permisible 30 metros adelante, por lo que ésta es la zona crítica de este pozo. En el borde occidental se registró un valor de 65.5 dB que coincide exactamente con el límite máximo (Figura 4, A y B).

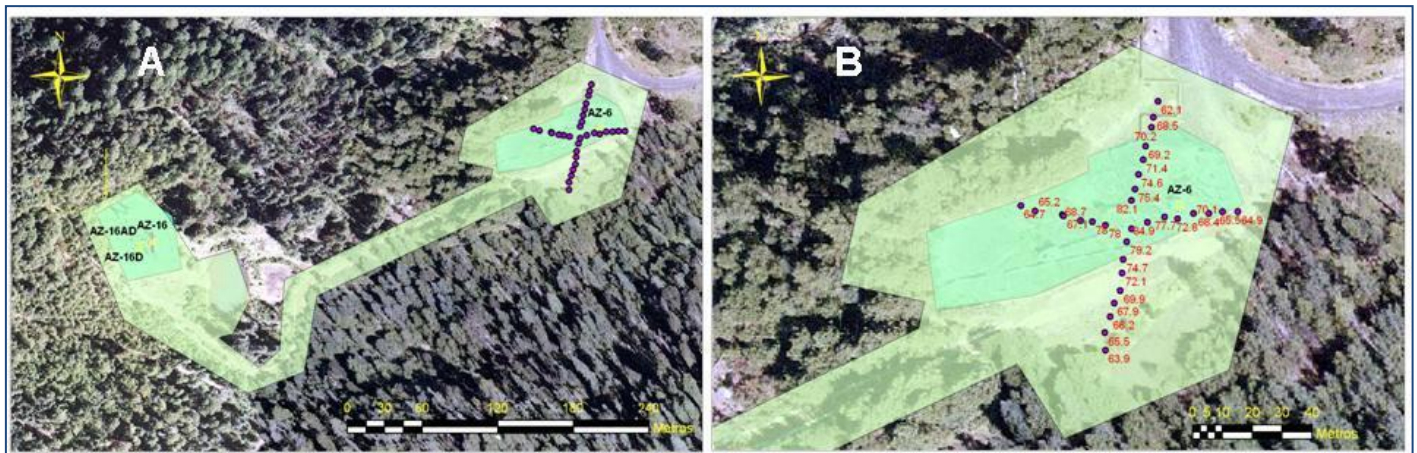


Fig. 4. A) Plataformas de los pozos AZ-6, AZ-16, AZ-16D y AZ-16AD. B) Plataforma del pozo AZ-6, con puntos de muestreo y valores de ruido en dB. El área de color verde claro es rentada por CFE.

Pozo AZ-17

Este pozo es productor y se localiza en las coordenadas $X = 3205480$, $Y = 2188421.2$. En el árbol de válvulas emite 87.3 dB (Tabla 1). Las lecturas obtenidas en el límite de su plataforma rebasan el máximo permisible por los cuatro puntos cardinales, lo cual se debe en parte al ruido producido por la Unidad 2 (5 MW) que se encuentra junto a él. La zona crítica se detectó en la parte norte con 79.7 dB, aunque en esta dirección se encuentra un afloramiento que sirve como barrera natural para mitigar la emisión de ruido hacia este sector. En el límite oriental de la plataforma la lectura fue de 68.2 dB y en el occidental se alcanza un valor de 64.5 dB sólo 40 metros más allá del borde de la plataforma, ya que no hay barrera natural que impida la dispersión del sonido (Fig. 5, A y B).

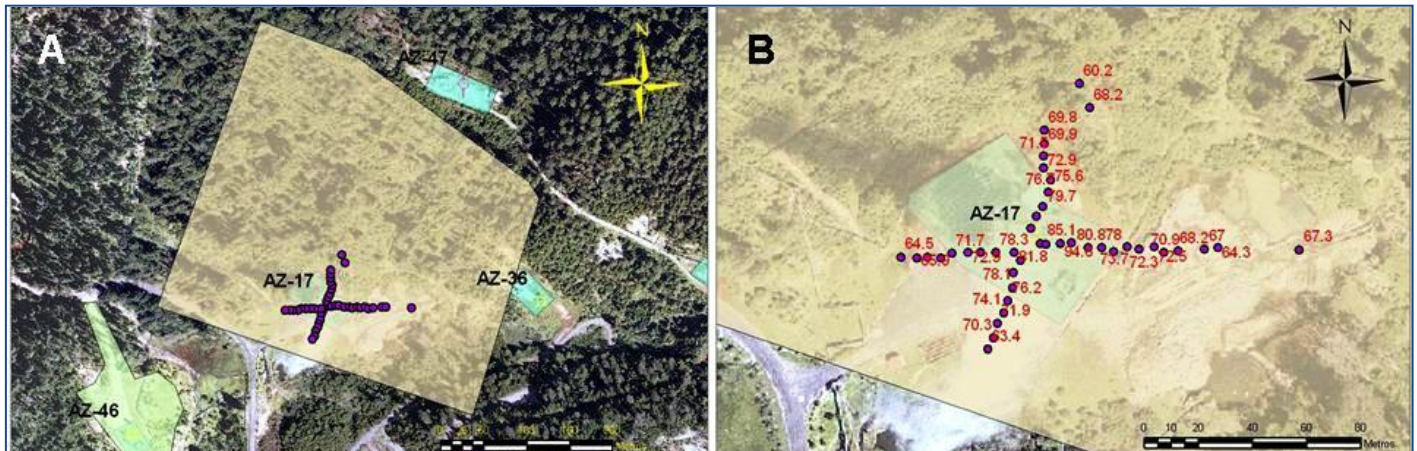


Fig. 5. A) Plataformas de los pozos AZ-17, AZ-36, AZ-38 y AZ-47, y puntos de muestreo de ruido. B) Plataforma del pozo AZ-17 con valores de ruido (dB). El área en color beige es propiedad de CFE.

Pozo AZ-33

Es un pozo productor localizado en las coordenadas $X = 325569.5$, $Y = 2188212.3$. En el árbol de válvulas la lectura fue de 70.9 dB (Tabla 1) y todas las lecturas en los límites de su plataforma se encuentran por debajo del máximo permisible (Figura 6).

Pozo AZ-34

Pozo productor con coordenadas $X = 326189.6$, $Y = 2188496.3$, cuya localización está desplazada del centro de su plataforma (ver Fig. 2B), lo que propicia que sus emisiones sónicas rebasen el máximo en los límites norte y oeste. En el árbol de válvulas se registró un valor de 91.7 dB (Tabla 1), y en el borde norte de la plataforma se encuentra su zona crítica con 79.9 dB. Sin embargo a 5 m de este punto se encuentra un afloramiento que impide la dispersión del ruido, obteniendo en la cima de este una lectura de 63.8 dB. De igual forma, hacia el oeste (68 dB) las emisiones de ruido son interrumpidas por el mismo afloramiento (Fig. 2B.)

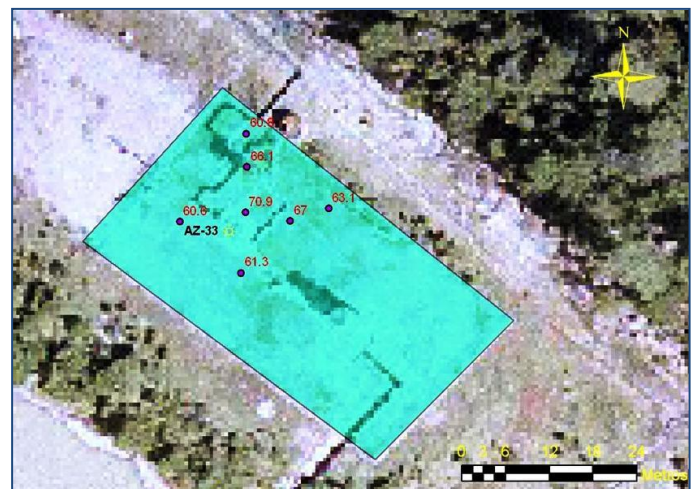


Fig. 6. Plataforma del pozo AZ-33 y puntos de muestreo con valores de ruido en dB. El área es propiedad de CFE.

Pozo AZ-36

Pozo productor ubicado en las coordenadas $X = 325728.4$, $Y = 2188424.1$ y en la porción sureste de la plataforma. En el árbol de válvulas emite 82.5 dB (Tabla 1) y su zona crítica se encuentra en el borde oriental con 74.9 dB, requiriéndose 20 m para que la emisión disminuya a 63.7 dB. Hacia el sur se requieren solamente 10 m, debido a la presencia de vegetación que sirve como barrera natural, y el valor obtenido al oeste sólo requiere 5 m más allá del límite de la plataforma para estar dentro de la norma (Figura 7A).

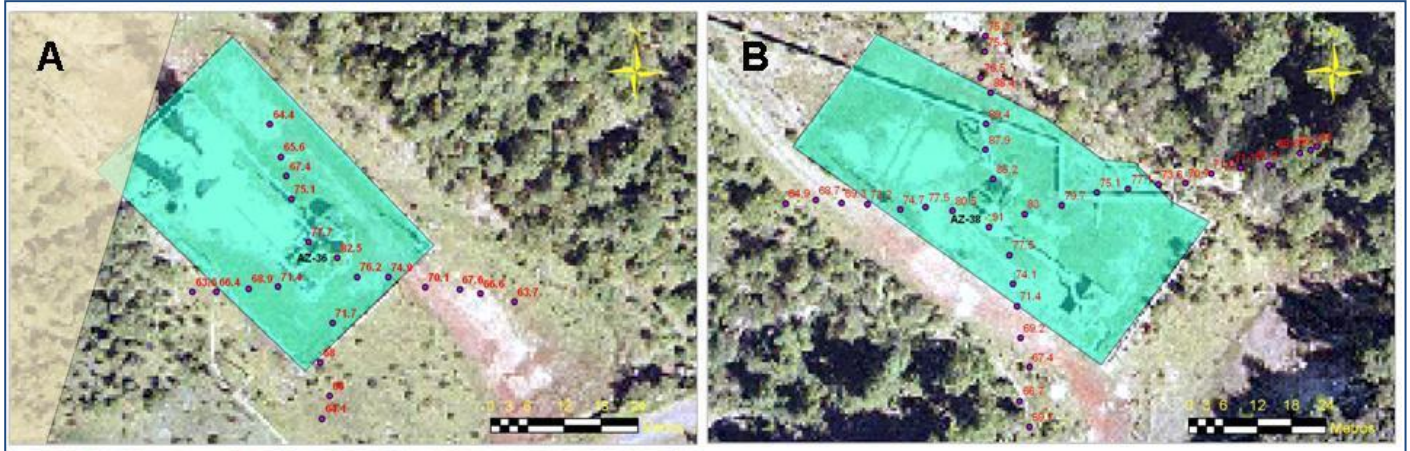


Fig. 7. A) Plataforma del pozo AZ-36. B) Plataforma del pozo AZ-38. En ambas se marcan los puntos de muestreo y los valores de ruido en dB.

Pozo AZ-38

Este pozo productor emite 91 dB en su árbol de válvulas (Tabla 1) y está ubicado en las coordenadas $X = 325937.3$, $Y = 2188441.9$. La zona crítica se ubica en el límite norte de la plataforma con 84.4 dB, pero en este sitio se encuentra un afloramiento que impide el paso de las ondas sonoras hacia el norte y oeste del mismo. En la parte sur el valor dentro de norma (59.7 dB) se encuentra a 20 m más allá del borde de la plataforma y al oeste a 15 m (64.9 dB) (Figura 7B).

Pozo AZ-46

Es un pozo productor cuya emisión en el árbol de válvulas alcanza 84.5 dB (Tabla 1) y se sitúa en las coordenadas $X = 325253.6$, $Y = 2188270.4$. El pozo se ubica en la parte norte de la plataforma. Al oeste del predio se encuentra un talud reforestado cuya vegetación presenta una altura que permite el paso del ruido. En esta dirección también se encuentra la zona crítica (84.1 dB) a 35 m después del límite de la plataforma. En el borde norte el valor de la emisión es de 64.8 dB, mientras que en el borde oriental los 65 decibeles se registran a 30 m después del límite (Figura 8 A y B).

4. Discusión

La norma NMX-SAA-14001-IMNC-2004 (IMNC, 2004) es una norma voluntaria que indica que el ruido representa un cambio en el medio ambiente (impacto) como resultado de las actividades que realiza una organización cualquiera. Cuando se detecta ruido es porque se ha impactado el ambiente. En el caso de un campo geotérmico, el aspecto ambiental lo constituyen las instalaciones superficiales que intervienen en el suministro de vapor, debido que pueden interactuar con el medio ambiente, y una de esas interacciones es la emisión de ruido.

Las emisiones de ruido pueden ocurrir en el árbol de válvulas de los pozos, en los vaporductos, separadores, silenciadores, purgas, válvulas, y aun en los soportes de vaporductos, entre otros. Sin embargo, el impacto sónico puede mitigarse mediante aislantes sónicos, cambios en el diseño, apertura o cierre de purgas y válvulas y/o el reemplazo de soportes y equipos. Es decir, en las instalaciones superficiales se puede prevenir la contaminación sónica en términos de esa norma y de la norma oficial NOM-081 (SE, 1994).

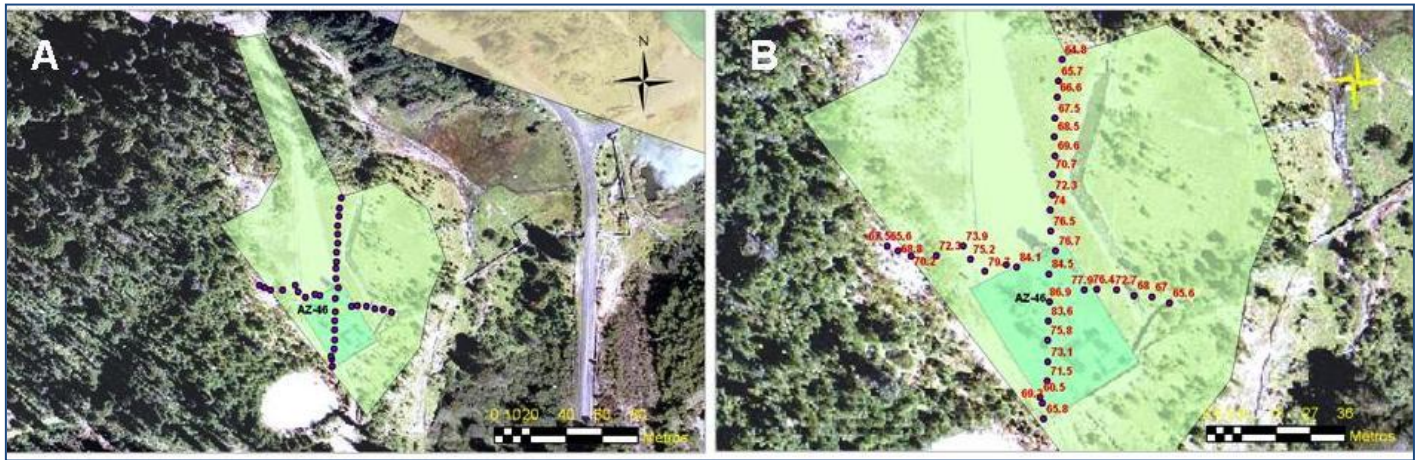


Fig. 8. A) Plataforma del pozo AZ-46. El área en color verde claro es el predio rentado por CFE. B) Aumento de la imagen con los puntos de muestreo y los valores de ruido en dB.

Por ejemplo, el pozo AZ-46 se encuentra localizado en la porción sur del predio que se destinó para él (Fig. 9A y 9B); esta ubicación dificulta el cumplimiento de lo establecido en la Norma 081 (SE, 1994). Con una ubicación más céntrica el pozo no tendría problemas para cumplir con ello. Otro caso semejante es el del pozo AZ-16.

Otro aspecto importante a considerar a partir de este estudio, es el cambio de la línea considerada como límite para tomar las lecturas que se registran en los reportes que se han venido entregando a las autoridades ambientales. Hasta el año 2007 el límite del predio se consideró como el borde de la plataforma de cada pozo de acuerdo con el procedimiento interno GG-SE-T-004 (Castillo, 1996). Pero, como se indicó, la norma NOM 081 (SE, 1994) permite tomar las lecturas en el límite del predio, que no necesariamente coincide con el de la plataforma definida de acuerdo a ese procedimiento. Por ejemplo, la plataforma del mismo pozo AZ-46, definida según el procedimiento mencionado, puede verse en color verde en las figuras 8A y 8B, pero el predio usufructuado por la CFE es el área marcada con color verde más claro en las mismas figuras. Por lo tanto, los puntos de medición de ruido deben ubicarse en la periferia de este predio, y no en la del área más pequeña como se ha venido haciendo, de acuerdo con lo dispuesto por la NOM 081 en su punto 5.3.2.4.1 (SE, 1994). En el ejemplo mencionado, es claro que la emisión de ruido en la periferia del predio ocupado por la fuente fija queda dentro del máximo permisible en todas direcciones, excepto en la occidental.

Ese simple cambio haría que las mediciones tomadas en muchos pozos (que se reportan fuera de norma) se sitúen dentro de los límites permitidos. Con ello, el desempeño ambiental del campo se incrementaría considerablemente.

5. Conclusiones y recomendaciones

Las principales conclusiones de este estudio son las siguientes:

- Los pozos productores incluidos en este estudio que cumplen con los límites máximos permisibles de emisión de ruido, después de ser analizados espacialmente bajo los criterios de la NOM 081, son cuatro: AZ-6, AZ-17, AZ-33 y AZ-47.
- Los pozos AZ-11 y AZ-39 también cumplen con la norma ya que no emiten ruido debido a que tienen tapón de abandono.
- En los pozos AZ-34, AZ-36 y AZ-38 no se pudo determinar si cumplen o no, bajo la metodología establecida, por no contar con un registro de la propiedad actualizado e ignorarse, por tanto, los límites prediales.
- El ruido emitido por los árboles de válvulas de los pozos es mitigado por la vegetación en cuando menos 3 dB.

Las recomendaciones son las siguientes:

- Realizar plantaciones de vegetación arbustiva en los perímetros exteriores de las plataformas y en las partes superiores de los afloramientos que se encuentren cerca de estas. Cuando las plantaciones maduren reducirán como mínimo 3 dB de ruido.
- Cambiar la ubicación de los puntos de medición en conformidad con lo establecido en el punto 5.3.2.4.3 de la NOM 081 (SE, 1994).
- Modificar el procedimiento interno GG-SE-T-004 (Castillo, 1996) para la evaluación de ruido en instalaciones geotermoeléctricas para que se apegue a la NOM 081 (SE, 1994).
- Al planear la ubicación de futuros pozos se recomienda tratar en lo posible de que estos queden ubicados lo más cerca del centro de la futura plataforma y del centro del predio que la incluye.
- Actualizar y detallar el registro de la propiedad para definir las colindancias de todos los predios que incluyen a las plataformas de los pozos.

Referencias

- Castillo, D., 1996. Procedimiento para la evaluación de ruido en instalaciones geotermoeléctricas. CFE, Procedimiento interno No. GPG-SE-T-004, 28 pp. Inédito.
- IMNC, 2004. *Norma NMX-SAA-14001-IMNC-2004*. Sistema de gestión ambiental - Requisitos con orientación para su uso. Publicación del Instituto Mexicano de Normalización y Certificación. 35 p.
- Pérez, H. y Gómez-López, J., 1994. Excursión geológica del campo geotérmico Los Azufres, Michoacán. CFE, reporte interno, Residencia de Los Azufres. 10 pp. Inédito.
- Samir, N.Y., 1992. *Ruido: Fundamentos y Control*. Ed. Fabio F. Núñez, México, 553 pp.
- SE, 1994. *Norma Oficial Mexicana NOM 081-ECOL-1994, que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición*. Secretaría de Economía, México. 55 p.