

ANEXO 11
INFORME DE MODELO MATEMATICO DE
RUIDO AMBIENTAL, ESPERADOS EN LA
FASE DE CONSTRUCCIÓN.

Modelo Matemático De Ruido Ambiental

P.H. ZIMA LA CRESTA ZIMA LA CRESTA, S.A. Transistmica, Provincia de Panamá

FECHA: 23 de septiembre de 2024
TIPO DE ESTUDIO: Ambiental
CLASIFICACIÓN: Línea Base
NUMERO DE INFORME: 115-133-658-24-001 v.0
NUMERO DE PROPUESTA: 2024-A445-125 v.0
REVISADO POR: Ing. Gladys Barrios
DESARROLLADO POR: Ing. Juan Carlos Espino



TABLA DE CONTENIDO

1	OBJETIVO	3
2	SELECCIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN Y SUS FUENTES	10
3	EXPLICACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO	16
4	RESULTADOS	21
5	RESULTADOS DE LA MODELACIÓN	33
6	CONCLUSIONES DEL ESTUDIO	41
7	ANEXOS.....	44
7.1	ANEXO 1. Metodología de Medición	45
7.2	ANEXO 2. Datos de Emisión Teórica de Ruido por actividad constructiva de Pilote prensado en banda ancha.....	47
7.3	Anexo 3. Valores de las mediciones realizadas.....	66
7.4	ANEXO 4. Valores guías para el ruido urbano en ambientes específicos.....	77
7.5	ANEXO 5. Fotos de las mediciones.....	78
7.6	ANEXO 6. Certificados de calibración	80
7.7	ANEXO 7. Meteorología – Condiciones Meteorológicas	94
7.8	ANEXO 8. Conteo de tráfico.....	97
7.9	ANEXO 9. Glosario	98
7.10	ANEXO 10. Bibliografía	101
	Pág.	

1 OBJETIVO

El objetivo del presente estudio fue realizar una evaluación de la línea base actual y modelar el ruido ambiental procedente de las futuras actividades constructivas de la P.H. Zima La Cresta - Zima La Cresta, S.A. específicamente la actividad de Vaciado de Pilotes en Sitio. El área de estudio fue en la Cresta, ubicada en el corregimiento de Bella Vista, Distrito de Panamá, provincia de Panamá. El objetivo fue el de analizar la propagación de ruido hacia las áreas aledañas. Adicionalmente, evaluar el cumplimiento legal con el Decreto Ejecutivo 306 de 2002 y el Decreto Ejecutivo 1 de 2004; ambos del Ministerio de Salud.

Se seleccionó un punto de emisión (futuro emisor) considerado puntual (1) y un (1) receptor. La ilustración 1 muestra la imagen con la ubicación del emisor, la carretera y el receptor. La topografía es plana sin variaciones en las alturas sobre el nivel medio del mar.

Ilustración 1-Ubicación de los puntos monitoreados



Fuente: Google Earth, modificado por ITS Consultants, 2024.

Tabla 1-1: Ubicación de los puntos de evaluación

Puntos monitoreados	
Punto 1	Futuro Emisor 1
Punto 2	Receptor 1

Fuente: ITS Consultants, 2024.

Ilustración 2 - Ubicación de los puntos monitoreados, área de influencia y edificaciones en 3D.

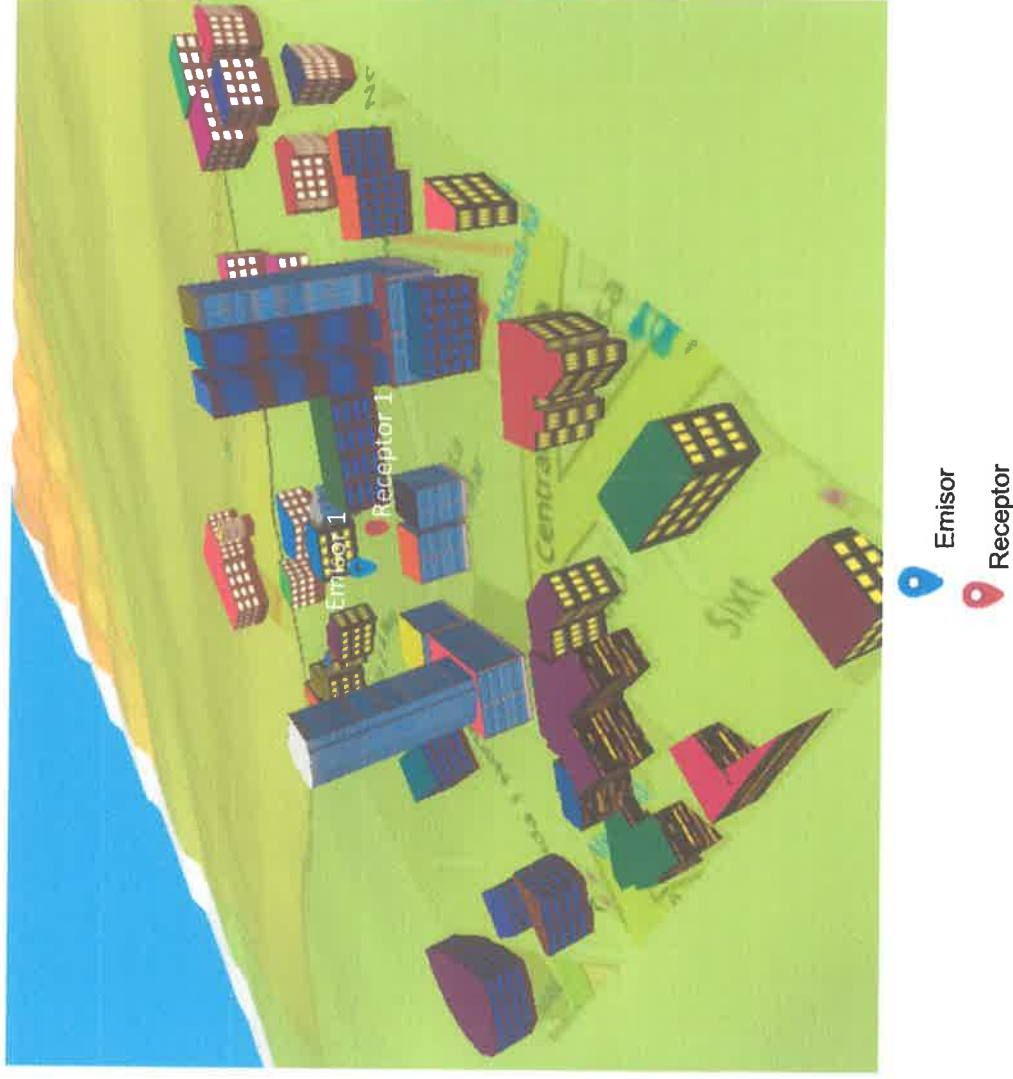


Ilustración 3 - Ubicación de los puntos monitoreados, área de influencia y edificaciones en 3D.



Ilustración 4 - Ubicación de los puntos monitoreados, topografía, área de influencia y edificaciones en 3D.



Ilustración 5 - Ubicación de los puntos monitoreados, área de influencia y edificaciones en 3D.

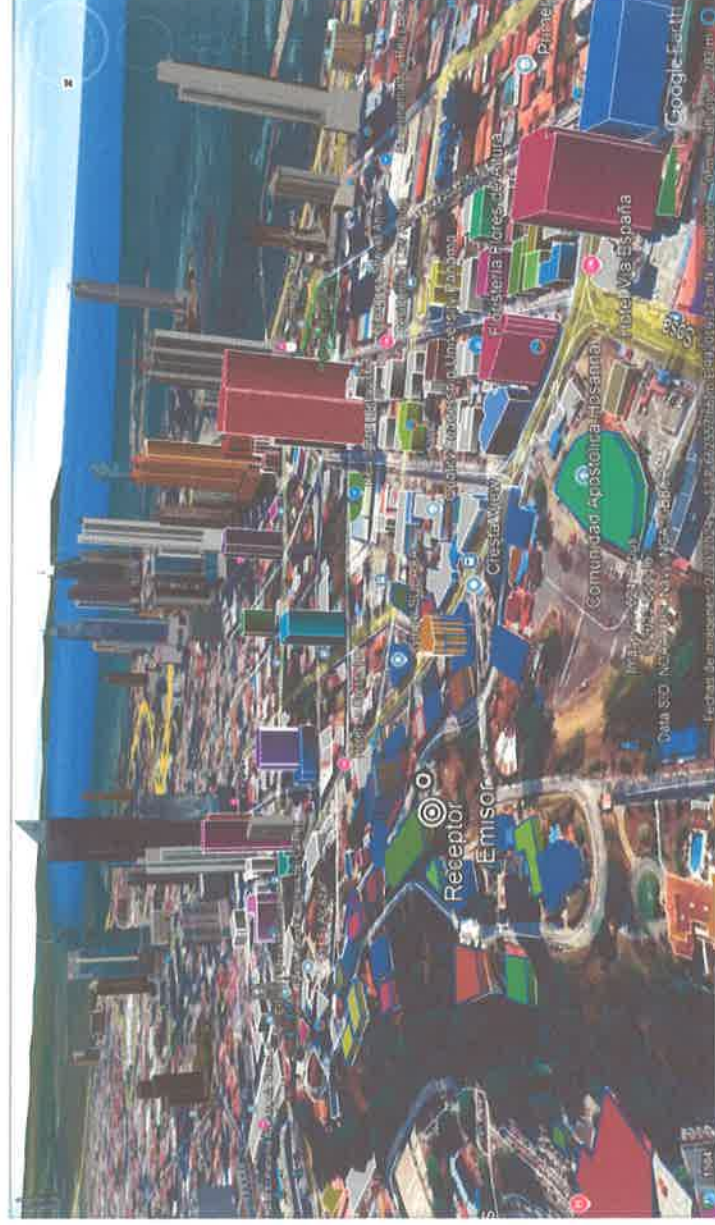
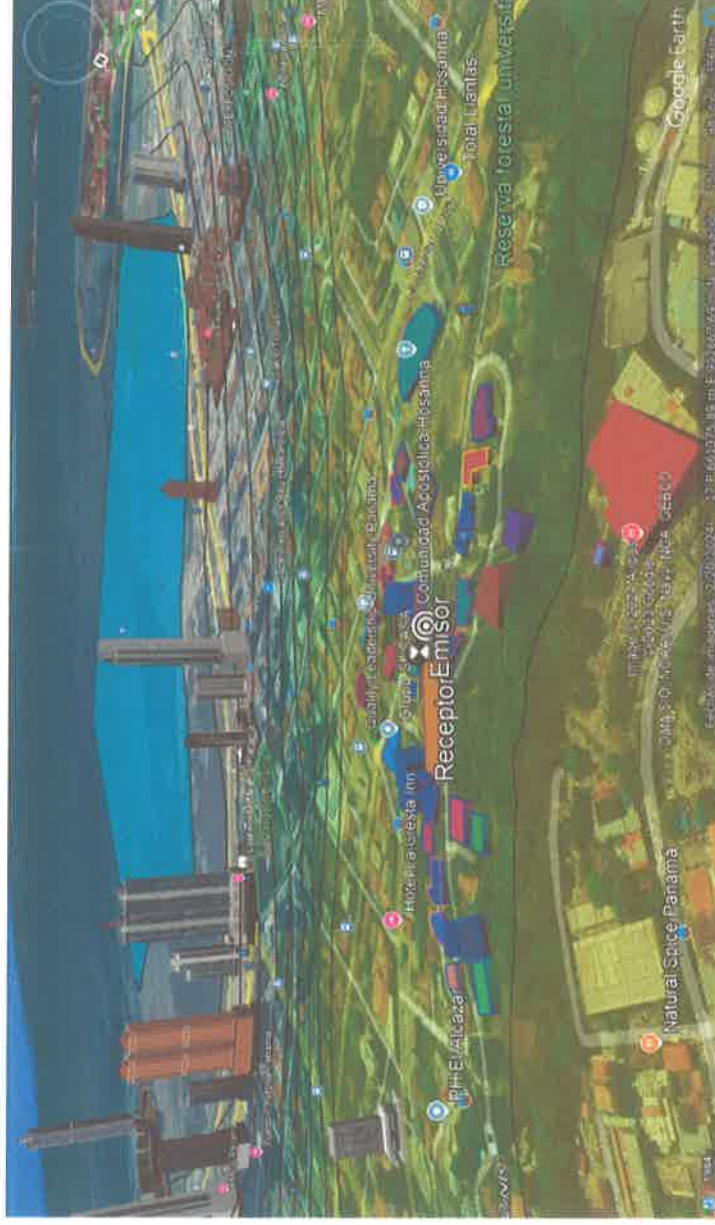


Ilustración 6 - Ubicación de los puntos monitoreados, topografía, área de influencia y edificaciones en 3D.

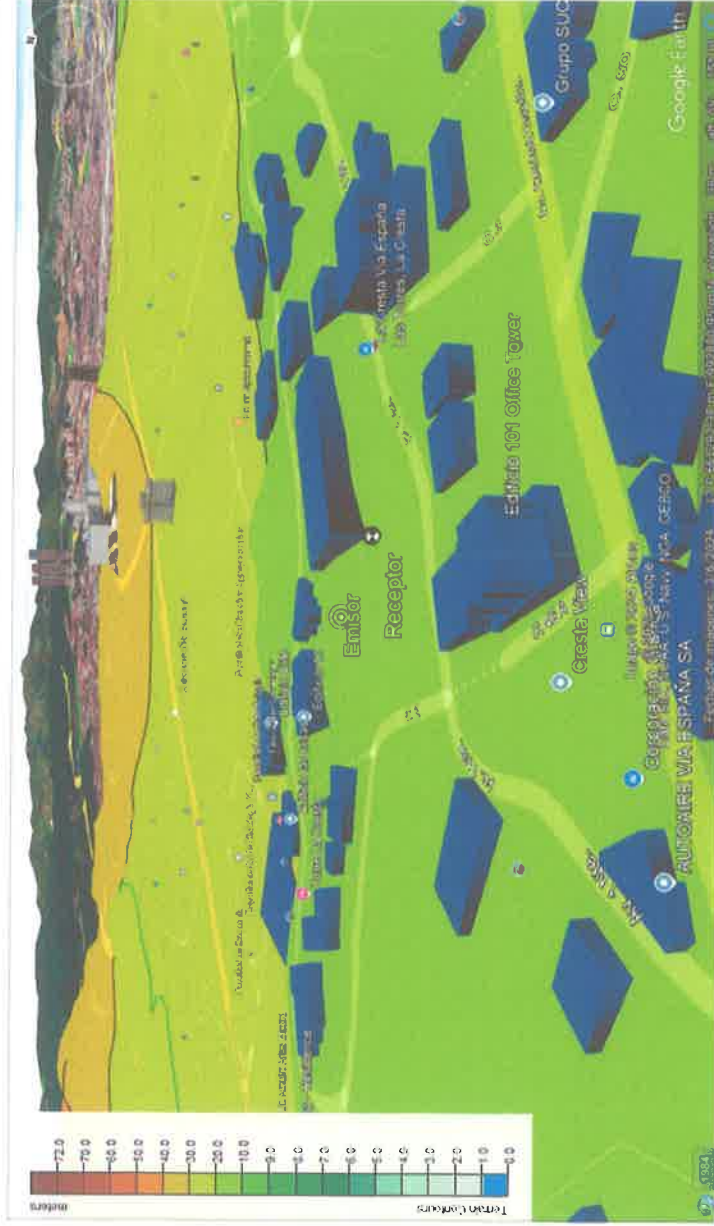


Ilustración 7 - Ubicación de emisor y receptor, vegetación y edificaciones en 3D.



Ilustración 8 - Ubicación de los puntos monitoreados, edificaciones del área, calles y vegetación

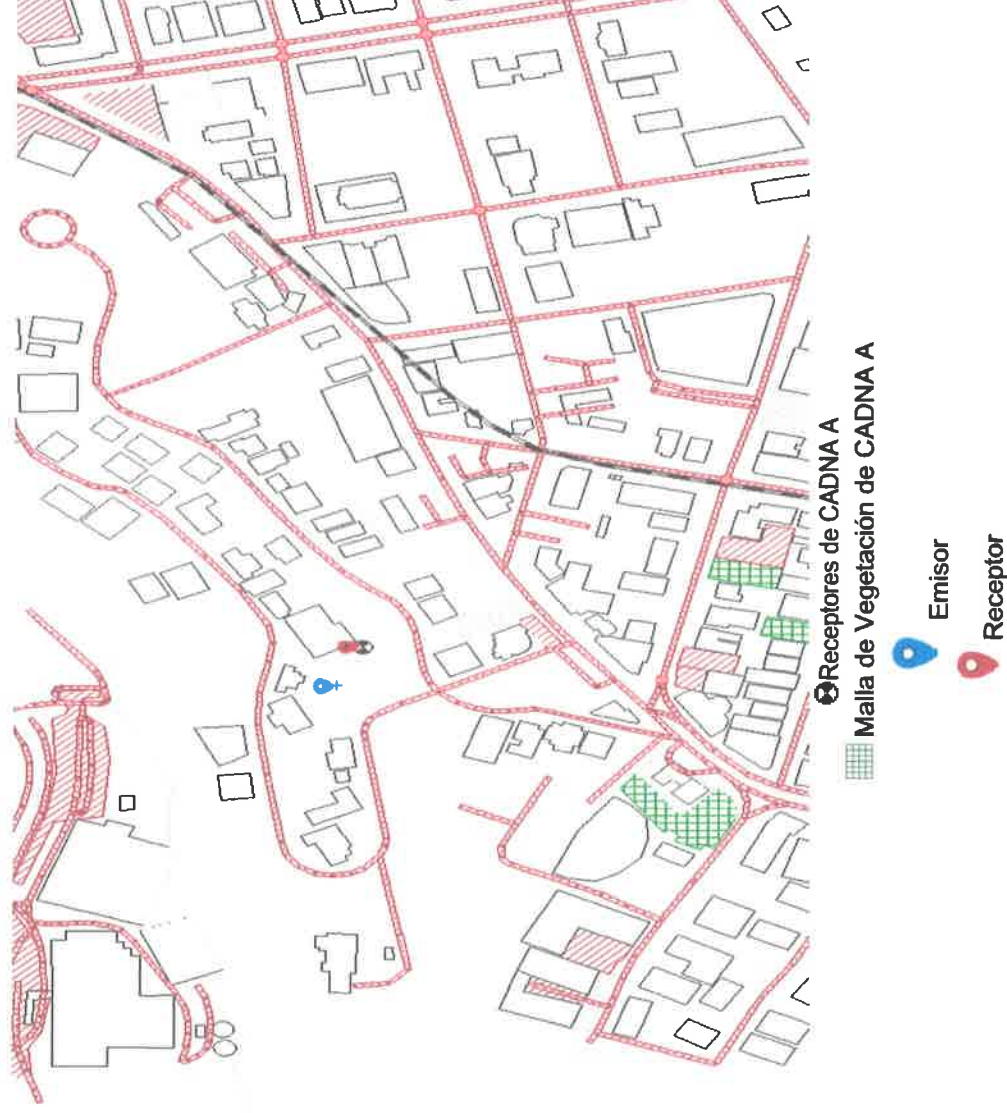
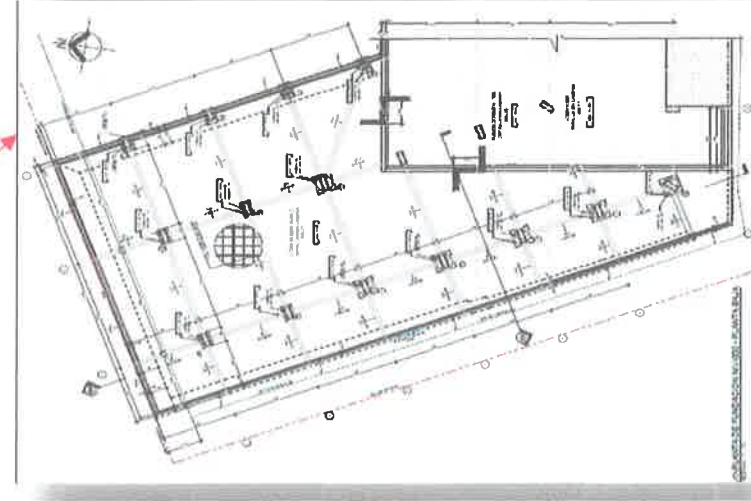
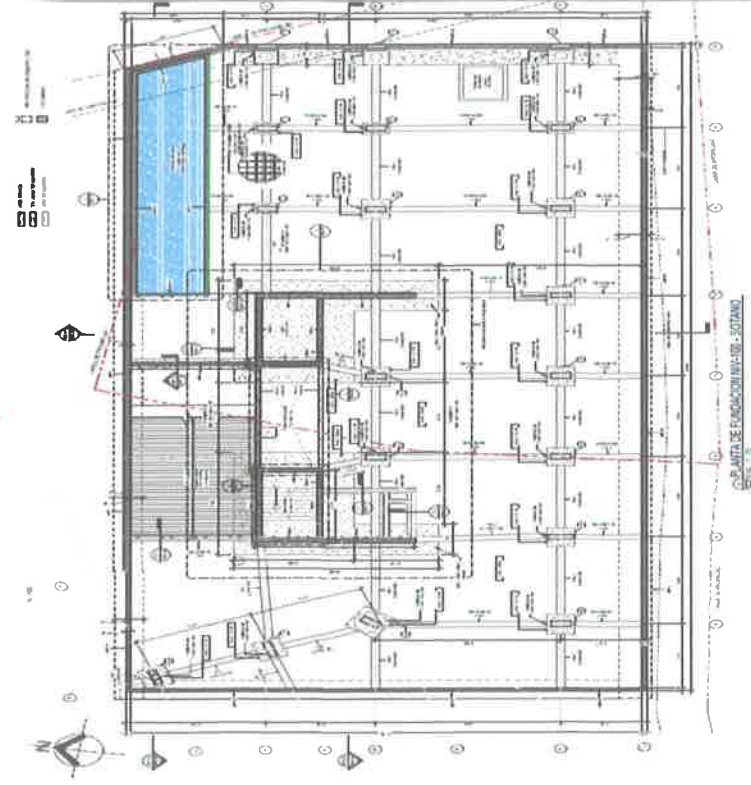
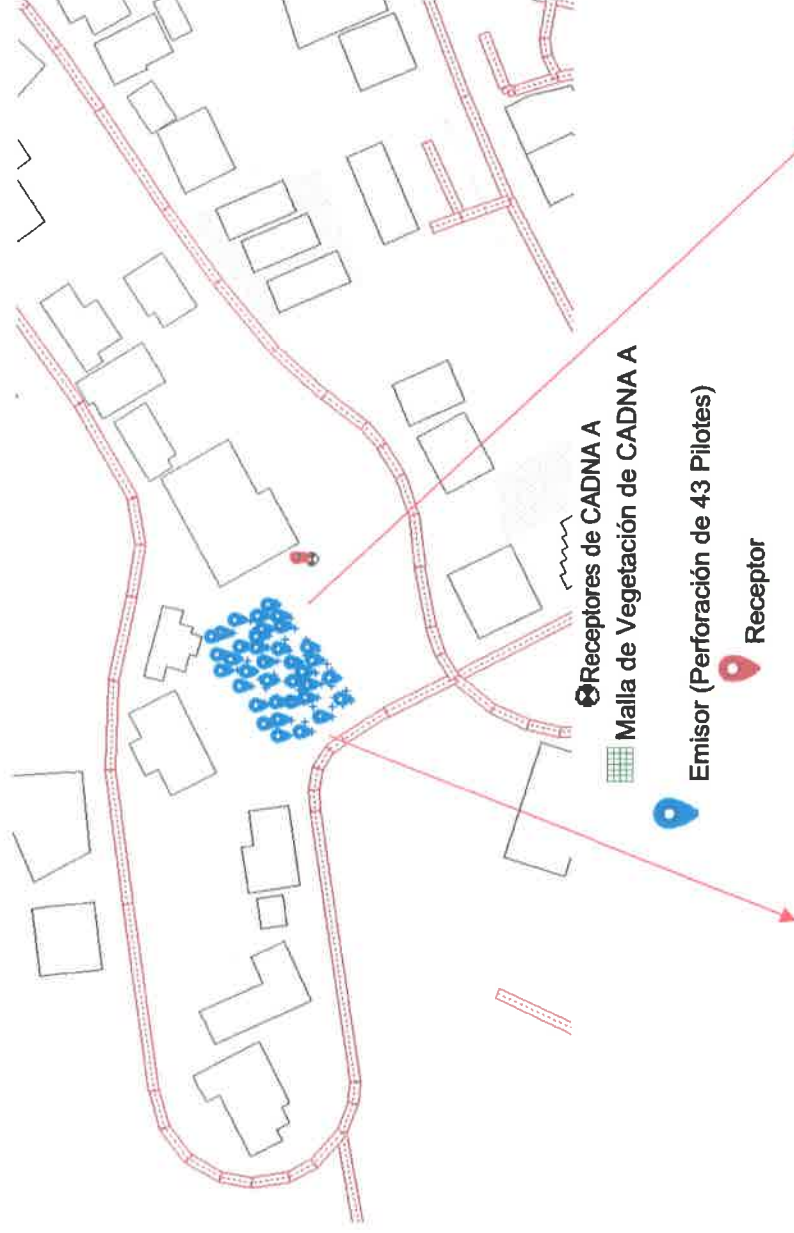


Ilustración 9 - Ubicación de los pilotes debajo de los cabezales de columnas, edificaciones del área, calles y vegetación con acercamiento



2 SELECCIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN Y SUS FUENTES

El área de influencia que rodea el perímetro del proyecto es relativamente plana y se ubica en la provincia de Panamá. El punto 1 (Emisor 1) se midió frente a el proyecto de construcción P.H. Zima La Cresta - Zima La Cresta, S.A., apuntando a la fuente de emisión (a 5 metros de la fuente de emisión), lo que podría considerarse representativo del ruido local en el emisor, localizado dentro del área donde el emisor planea llevar a cabo trabajos constructivos en un futuro.

Este nivel de ruido es considerado como *Línea Base*, ya que es el nivel de ruido en el receptor, previo a las operaciones constructivas de este. La superficie del piso de la fuente tiene una superficie cubierta de césped y tierra, por lo cual se considera mixto. La altura del instrumento respecto a la fuente no es significativa. El ruido de la fuente se considera continuo.

Estos puntos de monitoreo se consideran representativos del área, tanto en el emisor (sin su operación o intervención), como el nivel de ruido presente actualmente en el receptor más cercano. Se desea modelar montándonos encima del ruido actual presente en el emisor y receptor, la emisión teórica del ruido constructivo producto de la Perforación de Pilote usando datos teóricos obtenidos del Estándar Británico: **BSI British Standards BS 5228-1:2009. Code of practice for noise and vibration control on construction and open sites Part 1: Noise.** Los cuarenta y tres puntos (43) Perforaciones de Pilotes en el perímetro del sitio se consideran puntales. Se utilizó de la data de la referencia 40, de la tabla C.12. correspondiente a piloteadora tipo Soilmec R622 o similar con columnas de profundidad 25 m y ancho de 0,9 día.

Se modeló el ruido producido por las futuras actividades constructivas del P.H. Zima La Cresta - Zima La Cresta, S.A. durante el horario diurno (9:45 am a 5:45 pm) para estimar el aporte de ruido sobre el receptor de interés (Receptor 1). Por lo que, se llevaron a cabo jornadas de monitoreo diurnas de ruido en 8 horas en todos los puntos tanto en el emisor, así como receptor de interés, como datos de entrada del modelo de ruido ambiental. Se llevaron a cabo proyecciones teóricas de actividades constructivas de Perforación de Pilotes en el proyecto, por las futuras operaciones de construcción en el sitio. Posteriormente se llevaron a cabo cálculos de aportes teóricos de ruido, de acuerdo con lo que indica el Decreto Ejecutivo 306 de 2002 del Ministerio de Salud, para comparación con la legislación legal aplicable para la República de Panamá.

Para establecer los aportes de ruido, se llevó a cabo un modelaje teórico donde se suma el nivel de ruido producido por las actividades constructivas al nivel actual presente de ruido ambiental del área y se hace un estudio de propagación de este ruido (teórico más nivel actual) sobre el área y receptor de interés, en horario diurno. Para poder hacer esto, se realizaron estudios de ruido ambiental en octavas de banda, en campo por periodos de 8 horas (horario de trabajos constructivos) en el emisor y al lado de receptor (Receptor 1).

Igualmente, se realizó un estudio de ruido de tráfico en la vía en frente del receptor la cual es la vía de acceso a estos. Por ser este, una de las fuentes principales de ruido en la zona.

Para los estudios de propagación se tomaron en cuenta: la dirección del viento; la topografía del área; las edificaciones; y, el tipo de suelo; tipo de tráfico; material de las carreteras; además de los demás parámetros requeridos por el modelo.

Una vez obtenidos los aportes por las futuras actividades constructivas del P.H. Zima La Cresta - Zima La Cresta, S.A. sobre el receptor, podemos sumar logarítmicamente el ruido existente en el receptor de la porción teórica que aportarán

las futuras actividades constructivas del P.H. Zima La Cresta - Zima La Cresta, S.A. y determinar el aporte real de las actividades constructivas de Zima La Cresta, S.A. Igualmente efectuado para el aporte de ruido de tráfico por considerarse que tiene un aporte significativo.

Para datos teóricos de actividades constructivas, de Perforación de Pilotes, se utiliza potencia sonora en las fuentes emisoras y presión sonora en los receptores.

El tiempo que puede tomar perforar un pilote en un proyecto de construcción depende de varios factores, incluyendo:

1. Tipo de suelo: Suelos más blandos permiten perforar pilotes más rápidamente, mientras que suelos más duros como roca o terrenos muy compactos pueden tomar más tiempo.
2. Tamaño del pilote: Diámetro y longitud del pilote influyen, ya que pilotes más grandes requieren más tiempo para ser prensados.
3. Equipo utilizado: La capacidad y tipo de maquinaria (equipo de perforación, martillo de percusión, etc.) también afectan el tiempo.
4. Condiciones ambientales: Lluvia, viento u otros factores climáticos pueden ralentizar el proceso.
5. Experiencia del equipo: Equipos más experimentados son generalmente más rápidos y eficientes.

En términos generales, el tiempo promedio para prensar un solo pilote puede variar entre 15 y 60 minutos bajo condiciones normales, pero este rango puede ampliarse si el suelo o las condiciones son especialmente difíciles.

Si el proyecto involucra condiciones estándar (suelo blando o moderado y un equipo adecuado), perforar 4 pilotes podría tomar entre 1 a 4 horas en total. Perforar 8 pilotes podría demorar de 1 día laboral (8 horas) a 1 día y medio. Lo anterior, debido a que solamente es permitido trabajar en el día. En el peor de los casos la perforación de pilotes podría demorar varios días. Por lo tanto, para este modelo se consideró la emisión de Perforado de Pilotes en Sitio como una emisión constante a lo largo del periodo diurno de trabajo que va desde las 7 am a las 5 pm. El resultado de este modelo podría replicarse o ser aplicable para las emisiones de varios días en condiciones similares, hasta terminada la actividad en su totalidad. En especial, debido a que el límite de ruido diurno es un valor único de comparación para un día, o sea no es acumulativo entre días.

De seguido, se proporciona una visión general de las técnicas de pilotaje, sus impactos en el ruido y las posibles perturbaciones, con referencias a estrategias y métodos específicos para controlar los niveles de ruido.

Existen diferentes tipos de pilotaje utilizados para cimentaciones profundas en construcción. Los puntos clave son los siguientes:

Los pilotes se clasifican en dos tipos principales: pilotes de carga y pilotes de muros de contención empotrados. Estos pueden instalarse mediante hincado, prensado o perforación. Existen otros métodos que se pueden usar para formar cimentaciones profundas, como el vibrosustitución, la consolidación dinámica y los muros pantalla.

Durante la instalación de pilotes, es importante controlar el ruido y proteger a los vecinos.

Pilotes Hincados

Los pilotes hincados se instalan golpeándolos con un martillo, lo que genera altos niveles de ruido. El martillo puede ser manual o accionado por vapor, aire, hidráulica o diésel, y los pilotes de desplazamiento pueden ser hincados mediante una mandriladora. En algunos casos, se pueden usar vibradores de pilotes, lo que genera menos ruido por impacto, pero más ruido estructural. Los encofrados temporales y la extracción de pilotes pueden causar más perturbaciones.

Pilotes Prensados

Los pilotes prensados se instalan mediante presión hidráulica, sin usar martillo, lo que reduce el ruido en comparación con los pilotes hincados. El ruido proviene principalmente de los pilotes adyacentes que se presionan, y métodos como la pre-perforación o el uso de agua a presión pueden reducir el ruido durante la instalación.

Perforación de Pilotes

Los pilotes perforados suelen ser de hormigón colado en el lugar y se refuerzan por medio de una jaula de armado. El refuerzo también puede tratarse de un elemento prefabricado en hormigón y/o de un elemento de acero empleado en la realización de muros de contención, como las pantallas berlinesas o de pilas-pilote.

Para el caso de este proyecto, se utilizarán Perforación de Pilotes por medio de una máquina perforadora y Soilmec R622 o similar. Que a diferencia del hincado tradicional con martillo, donde el pilote se introduce en el terreno mediante golpes repetidos, generando muchas vibraciones.

De igual manera, se llevó a cabo un conteo de tráfico vehicular frente al área del proyecto del emisor. El ruido de esta fuente de tráfico se considera lineal.

El punto 1 (Emisor) se ubicó sobre una superficie cubierta de césped y tierra, por lo cual se considera mixta. La altura del instrumento respecto a la fuente no es significativa y la emisión sonora se considera puntal. Este punto se considera como el Emisor 1.

El punto 2 (Receptor) localizado sobre una superficie césped y tierra, por lo cual se considera mixta. La altura del instrumento respecto a la fuente no es significativa y la emisión sonora se considera puntal. Este punto se considera como el Receptor 1.

Para la definición del impacto por las operaciones de a el proyecto de construcción P.H. Zima La Cresta - Zima La Cresta, S.A., se analizó el ruido emitido durante los horarios diurnos (6:00 am – 9:59 pm) de acuerdo con la legislación nacional. Se llevaron a cabo mediciones de ruido en horario diurno durante las horas esperadas de la operación (09:45 a.m. – 5:45 p.m.). Se modeló la propagación del ruido para determinar el aporte futuro del emisor por operaciones constructivas y la carretera externa, ambos sobre el receptor de interés.

Tabla 2-1: Explicación de los puntos de medición

Punto	Coordenadas	Elevación (msnm)
Punto 1: Emisor 1	661279,00 m E 992886,00 m N	74 m
Punto 2: Receptor 1	661311,00 m E 992869,00 m N	74 m

Fuente: Envirolab S.A., septiembre 2024.

3 EXPLICACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO

El modelo aplicado emplea las ecuaciones y condiciones de propagación de ruido en campo abierto establecidas en la norma ISO 9613-2. En esta norma, la presión sonora (nivel de ruido) es la suma de la contribución de todas las frecuencias en octavas de banda desde 31,5 Hz a 16KHz.

El método propone una metodología estándar para la estimación de la atenuación del sonido que se propaga en un espacio abierto y se basa en algoritmos de banda de octava (con frecuencias centrales nominales a partir de 63 Hz y hasta 16 kHz), para calcular la atenuación del sonido que se origina a partir de una fuente puntual o una fuente lineal. Debido a las distancias entre ellos, los emisores se consideraron como fuentes puntuales con propagación en campo libre. Los términos específicos son proporcionados en los algoritmos para los siguientes efectos físicos: divergencia geométrica; absorción atmosférica; efecto del suelo; reflexiones de superficies; y apantallamiento por obstáculos.

La definición de las variables de modelación incluye aspectos como la topografía, distancias, coberturas del suelo, estructuras y elementos que funcionan como barreras en la propagación de las ondas sonoras (viviendas, vegetación, calles y otras). Para lo anterior se utilizaron imágenes satelitales de la zona y data obtenida de *Open Street Maps*, de donde se tomaron en cuenta las coberturas del suelo, diferenciando especialmente pisos duros (zonas pavimentadas con asfalto y concreto) y piso blando (terrenos con cobertura vegetal o tierra).

Las mediciones se realizaron en 8 horas RTA continuas en periodos diurnos (09:45 a.m. – 5:45 p.m). Los resultados se presentan en el Anexo 3. Los instrumentos utilizados fueron sonómetros integradores en tiempo real (RTA) clase 1, con filtro de octavas de banda marca Larson Davis modelo SoundExpert™ LxT1 número de serie 7240 y 0006071, todos con pantallas anti-viento, montados en trípodes y calibrados con

pistófonos clase 1 marca Larson Davis modelo Cal 200 con N/S: 17717 y 20814. Las mediciones se obtuvieron en once octavas de banda entre 16 Hz y 16kHz.

Se utilizó el método de medición establecido en la norma ISO 1996-2:2017 *Acoustics — Description, measurement and assessment of environmental noise —Part 2: Determination of sound pressure levels*. Los descriptores de ruido medidos fueron: nivel sonoro equivalente (L_{eq}); nivel máximo (L_{max}); nivel mínimo (L_{min}). El modelo de ruido se corrió con el programa CadnaA (Computer Aided Noise Abatement) de la casa Data Kustik de Alemania.

Simultáneamente a las mediciones de ruido, se tomaron mediciones de las condiciones atmosféricas, incluyendo: temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y presión barométrica. Con esta información se realizaron los ajustes correspondientes a los valores medidos.

Datos de entrada al modelo:

- Objetivo: Estudio del impacto ambiental sonoro que será causando por las operaciones constructivas de P.H. Zima La Cresta - Zima La Cresta, S.A., localizada en la Provincia Panamá.
- Entorno: urbano y residencial, terreno con elevaciones, suelo mixto.
- Fuentes de ruido: Ruido teórico de las actividades constructivas futuras del proyecto y tráfico vehicular externo ajeno al proyecto.
- Tipo de fuente emisora de la Planta: Fuentes puntuales.
- Tipo de ruido del proyecto constructivo: Se considera continuo e intermitente.
- Tipo de ruido de la carretera: Fuente de tráfico.
- Receptor: Punto 1 (Receptor 1).
- Características de los puntos de medición: Externos, con condiciones atmosféricas aceptables.
- Información sobre la fuente: Datos obtenidos en campo los días 18 de septiembre de 2024, con condiciones atmosféricas favorables y viento a favor.
- Nivel de ruido modelado: Nivel sonoro equivalente.

- Factor de directividad $Q=2$
- Factor de suelo $G=0,5$
- Equipo de medición:
 - Sonómetros integradores en tiempo real (RTA) clase 1, con filtro de octavas de banda marca Larson Davis modelo SoundExpert™ LxT1 número de serie 7240 y 0006071, todos con pantallas de viento y montados en trípodes.
 - Sistema de baterías portátiles para manejar el sonómetro 8 horas corridas.
 - Pistófonos de campo clase 1 marca Larson Davis modelo Cal 200 con N/S: 17717 y 20814.
 - Computadora portátil con software de análisis.
 - Estación portátil de medición de condiciones meteorológicas marca Kestrel.
- Fechas de las mediciones: 18 de septiembre de 2024.
- Programación del sonómetro.
 - Unidad: dBA.
 - Parámetros: L_{eq} ; L_{max} (L_{01}); L_{min} (L_{99}); L_{90} , L_{10} .
 - Tiempo de integración: rápido (125 ms).
 - Tiempo de medida: 8 horas.
 - Número de puntos de medición: 2.

En la siguiente tabla se encuentra un resumen de los datos totales de las mediciones:

Tabla 3-1: Resumen de los datos de medición (niveles en dBA)

Niveles de ruido durante el turno diurno (niveles en dBA)					
Localización	L _{eq}	L _{min}	L _{max}	L ₉₀	L ₁₀
Punto 1: Emisor 1	68,8	57,2	96,5	52,6	60,0
Punto 2: Receptor 1	67,4	56,8	93,9	52,0	59,0

Fuente: Envirolab S.A., septiembre de 2024

Librería de Huellas de Emisión de Ruido por actividad constructiva y maquinaria



Datos de Emisión Teórica de Ruido por actividad constructiva en Octavas de Banda
(para Pilote prensado):

Información de data de nivel sonoro por Pilote prensado										
Ref	Equipo	Profundi dad de Pilote	Anchura de Pilote	Energía, Clasifica ción de Poder	Dolly	Nivel de Poder Sonoro L _{WA}	Tipo de Suelo	Tiempo de Ciclo	A Tiempo	Nivel de presión sonora continua equivale nte a la activida d a 10 m (un ciclo) dB
Pilote prensado con barrena de vuelo continuo										
40	Soilmec R622	25.00	0.9 dia.	—	Ninguno	106	7 m de aluvión, 7 m de arcilla firme a rígida, 2 m de arena de densidad media, 2 m de arcilla sobre arena	133		81

Fuente: BSI British Standards BS 5228-1:2009. Code of practice for noise and vibration control on construction and open sites Part 1: Noise.

26

4 RESULTADOS

El ruido ambiental que será producida por la actividad constructiva del proyecto Zima La Cresta, S.A. se atenúa considerando las cuatro esquinas de Pilote de la huella del proyecto por debajo de 41,0 dBA, 43,0 dBA, 45,0 dBA y 48,0 dBA (diurno) en el Receptor 1 (esta última en el punto de pilotes, más crítico o cercano al receptor) y en las áreas aledañas a los receptores. Lo anterior indica un aporte de 0 dBA en todos los casos. Esta atenuación se da en función de la distancia de los receptores y el emisor, así como otras variables (la altura de emisor y receptores, atenuación por vegetación, atenuación por reflexión del suelo, atenuación por condiciones meteorológicas, entre otros):

- a. El ruido ambiental diurno en el Emisor 1 es de $L_{eq} = 68,8$ dBA (nivel actual de línea base sin el proyecto). La actividad teórica de Pilote prensado genera un aumento local del ruido por una actividad de corta duración. El Poder Sonoro que genera sería de $L_{WA} = 106$ dB de Watts, lo que equivale a un nivel de presión sonora continua equivalente L_{eq} a 10 metros por cada ciclo de 81,0 dBA.
- b. De acuerdo con los resultados del modelo, el aporte real de actividad constructiva del proyecto Zima La Cresta, S.A. en las cuatro esquinas de pilotaje es de 41,0 dBA (Ilustración 13), 43,0 dBA (Ilustración 12), 45,0 dBA (Ilustración 11) y 48,0 dBA (Ilustración 14). Lo anterior, considerando que los pilotes más cercanos al receptor emitirían el ruido más alto en el receptor y los más lejanos se atenuarían más antes de llegar a este.

- c. Se toma el ruido del Pilote como fuentes puntuales con una duración de 1 hora en cada punto de pilotaje mientras se mueva la piloteadora de punto en punto. Se hinca un pilote a la vez, a medida que se acaba de pilotear, se moviliza la piloteadora al siguiente punto de pilotaje, esto continua hasta terminar el día laboral. El nivel sonoro sobre el receptor 1 en las cuatro esquinas de pilotaje sería:
- d. El ruido que existiría en el receptor 1 ($L_{eq} = 67,4$ dBA):

$$e. \quad L_R = 10 \log \left(10^{\frac{67,4}{10}} + 10^{\frac{41,0}{10}} \right) = 67,4099 \approx 67,4 \text{ dBA (aporte 0 dBA)}$$

- f. El ruido que existiría en el receptor 1 ($L_{eq} = 67,4$ dBA):

$$g. \quad L_R = 10 \log \left(10^{\frac{67,4}{10}} + 10^{\frac{43,0}{10}} \right) = 67,4157 \approx 67,4 \text{ dBA (aporte 0 dBA)}$$

- h. El ruido que existiría en el receptor 1 ($L_{eq} = 67,4 \text{ dBA}$):
- i. $L_R = 10 \log \left(10^{\frac{67,4}{10}} + 10^{\frac{45,0}{10}} \right) = 67,4249 \approx 67,4 \text{ dBA}$ (aporte 0 dBA)
- j. El ruido que existiría en el receptor 1 ($L_{eq} = 67,4 \text{ dBA}$):
- k. $L_R = 10 \log \left(10^{\frac{67,4}{10}} + 10^{\frac{48,0}{10}} \right) = 67,4496 \approx 67,4 \text{ dBA}$ (aporte 0 dBA)

Los valores de presión sonora se presentan en decibeles en escala A (dBA) de la unidad de presión sonora de ruido Pascales (Pa), según lo establecido en la legislación panameña. El dB es una magnitud que se utiliza para expresar la relación entre dos valores de presión sonora (no es una unidad de medida). La unidad básica es el bel, pero dada la amplitud de los campos que se miden en la práctica, se utiliza su submúltiplo, el decibel. Por esta razón, las operaciones matemáticas no son lineales, sino logarítmicas.

Nivel de presión sonora en decibeles, transformación de pascales a decibeles:

$$L_p (dB) = 10 \log \left[\frac{P}{P_0} \right]^2$$

$$P_0 = 20 \times 10^{-6} \text{ Pa}$$

Umbral Inferior de medición:

$$L_{umbral} (dB) = 10 \log \left[\frac{20 \times 10^{-6}}{20 \times 10^{-6}} \right]^2 = 0 \text{ dB}$$

Umbral superior de medición:

$$L_p (dB) = 10 \log \left[\frac{200}{20 \times 10^{-6}} \right]^2 = 140 \text{ dB}$$

Nivel sonoro equivalente, $L_{Aeq,T}$: nivel equivalente de la energía promedio del sonido con ponderación A en un período T. Los niveles equivalentes se miden en ponderación "A"; se usan únicamente cuando la tasa de duplicación se fija en 3 dB; y sin umbral. Matemáticamente:

$$L_{eq,T} = 10 \log \frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} \left(\frac{p(t_n)}{p_o} \right)^2 dt$$

Cálculo del Aporte: El aporte es la contribución que tiene el proyecto en el ruido del área crítica evaluada del vecino más cercano. El aporte se puede calcular de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$SPL_f = 10 \log \left(10^{\frac{L_{p1}}{10}} + 10^{\frac{L_{p2}}{10}} \right)$$

$$SPL_f = 10 \log \Sigma \left(10^{\frac{SPL}{10}} \right)$$

La fórmula para restar los aportes es la siguiente:

$$L_R = 10 \log (10^{L1/10} - 10^{L2/10})$$

Donde:

LR = Ruido residual.

L1 = ruido ambiental del área (con todas las fuentes).

L2= ruido producido por el emisor.

Para potencia sonora en decibeles:

La potencia sonora de una fuente se expresa entonces como decibel:

$$L_W = 10 \log \left(\frac{W}{W_o} \right) dB$$

Donde:

L = Nivel de potencia sonora en dB.

W = potencia en watts.

W_o es el valor de referencia; en este caso 10⁻¹² watts.

Para 1 Watt de Potencia Sonora:

$$L_w = 10 \log \left(\frac{1}{10^{-12}} \right) dB = 120 dB$$

Para 2 Watt de Potencia Sonora:

$$L_w = 10 \log \left(\frac{2}{10^{-12}} \right) dB = 123 dB$$

Nota: Los valores teóricos de Pilote están dados en Potencia Sonora (L_{wA}) en decibeles de Watts y en Presión Sonora en decibeles de Pascal.

a. Evaluamos los impactos o aportes en el Receptor 1 del Pilote prensado en las en las cuatro esquinas de pilotaje es de 41,0 dBA (Ilustración 13), 43,0 dBA (Ilustración 12), 45,0 dBA (Ilustración 11) y 48,0 dBA (Ilustración 14). Lo anterior, considerando que los pilotes más cercanos al receptor emitirían el ruido más alto en el receptor y los más lejanos se atenuarían más antes de llegar a este. Para entender mejor los cálculos, podemos realizar las operaciones matemáticas en unidades lineales de Pascales (Pa). Por ejemplo,

✓ Para el turno diurno 67,4 dB (ruido medido) es igual a 0,0468845763064 Pa; y los 41,0 dB (aporte) es igual a 0,002244036908604 Pa. La suma entre ambos valores (0,0468845763064 + 0,002244036908604) es igual a 0,049128613 Pa. Como se observa, cambia el tercer decimal y el nivel en dB permanece igual.

✓ Para el turno diurno 67,4dB (ruido medido) es igual a 0,0468845763064 Pa; y los 43,0 dB (aporte) es igual a 0,002825075089246 Pa. La suma entre ambos valores (0,0468845763064 + 0,002825075089246) es igual a 0,049709651 Pa. Como se observa, cambia el tercer decimal y el nivel en dB permanece igual.

- ✓ Para el turno diurno 67,4dB (ruido medido) es igual a 0,0468845763064 Pa; y los 45,0 dB (aporte) es igual a 0,003556558820078 Pa. La suma entre ambos valores (0,0468845763064 + 0,003556558820078) es igual a 0,050441135 Pa. Como se observa, cambia el segundo decimal y el nivel en dB permanece igual.
- ✓ Para el turno diurno 67,4dB (ruido medido) es igual a 0,0468845763064 Pa; y los 48,0 dB (aporte) es igual a 0,005023772863019 Pa. La suma entre ambos valores (0,0468845763064 + 0,005023772863019) es igual a 0,05190835 Pa. Como se observa, cambia el segundo decimal y el nivel en dB permanece igual.

Sin embargo, si consideramos el ruido en la jornada de 8 horas como una fuente continua con un nivel de presión sonora continua equivalente L_{eq} a 10 metros de 81,0 dBA. el aporte real de actividad constructiva de el proyecto Zima La Cresta, S.A. es de 51,0 dBA (Ilustración 22 y 23).

El ruido que existiría en el receptor 1 ($L_{eq} = 67,4$ dBA) sería entonces:

$$L_R = 10 \log \left(10^{\frac{67,4}{10}} + 10^{\frac{51,0}{10}} \right) = 67,498 \approx 67,5 \text{ dBA (aporte 0,1 dBA)}$$

Evaluamos los impactos o aportes en el Receptor 1. Para entender mejor los cálculos, podemos realizar las operaciones matemáticas en unidades lineales de Pascales (Pa). Por ejemplo,

- ✓ Para el turno diurno 67,4dB (ruido medido) es igual a 0,0468845763064 Pa; y los 51,0 dB (aporte) es igual a 0,007096267784672 Pa. La suma entre ambos valores (0,0468845763064 + 0,007096267784672) es igual a 0,053980844 Pa. Como se observa, cambia el segundo decimal y el nivel en dB se incrementa en 0,1 decibel.

Los mismos cálculos se realizaron para evaluar el aporte del ruido de tráfico en un periodo de 8 horas en la vía.

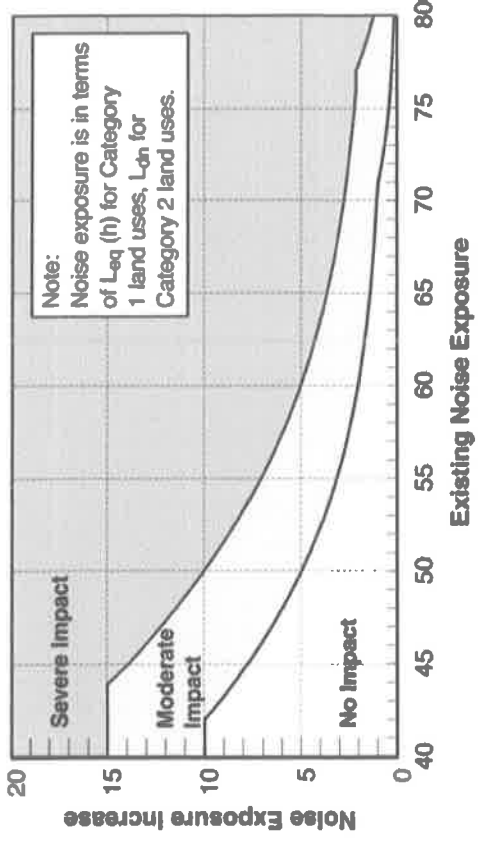
- El aporte arrojado por el modelamiento para la calle donde transitan los vehículos externos a la actividad constructiva del proyecto Zima La Cresta, S.A. frente de los receptores, indica para el Receptor 1 con un nivel de presión sonora actual de diurno ($L_{eq} = 67,4$ dBA). El modelado de la carretera indica que el nivel de ruido generado por el tráfico vehicular de la vía en el receptor 1 es de 58,0 dBA.

El ruido que existiría en el receptor 1 ($L_{eq} = 67,4$ dBA) si se eliminara el ruido de tráfico sería entonces:

$$L_R = 10 \log \left(10^{\frac{67,4}{10}} - 10^{\frac{58,0}{10}} \right) = 66,87 \approx 66,9 \text{ dBA (aporte 0,5 dBA)}$$

- Por lo que, este tráfico vehicular en la vía en el horario diurno (8 horas) genera un aporte de 0,5 dBA (diurno). Cabe resaltar que el tráfico vehicular es externo a la operación de la actividad constructiva del proyecto Zima La Cresta, S.A. y eleva el nivel de presión sonora de ruido en el área en el receptor discreto para horario diurno (en 8 horas). No obstante, a pesar de que existen aportes de ruido por el tráfico vehicular bajo la regulación panameña (D.E. 1 del 15 de enero de 2004 y D.E. 306 de 2002 del Ministerio de Salud), podría considerarse que no hay impacto en el receptor 1 para horario diurno por la carretera externa según el nivel de ruido actual en los receptores de acuerdo con el modelo de la Federal Transit Authority (FTA) (ver Ilustración 24 más abajo).

Ilustración 10 – Impacto del ruido sobre la comunidad



Fuente: Federal Transit Authority (FTA), 2006

Fórmulas utilizadas por software CADNA A para la modelación:

$$L_{Rec} = L_{Fuente} - (A_{Div} + A_{aire} + A_{suelo} + A_{Misc})$$

Donde:

L_{rec} = Nivel de presión sonora en el receptor; dB(A).

L_{fuente} = Nivel de presión sonora en la fuente; dB(A).

A_{div} = Atenuación por la distancia.

A_{aire} = Atenuación por absorción del aire.

A_{suelo} = Atenuación por absorción del suelo.

A_{misc} = Atenuación por difracción, introducida por el efecto de barrera que producen estribaciones del terreno tales como bardas, cerros, montañas, etc.

Atenuación por divergencia:

$$A_{Div} = 20 \bullet \log \frac{d}{d_0} + 11$$

Donde:

d es la distancia desde la fuente al receptor, en metros;

d_0 es la distancia de referencia (≈ 1 m).

Atenuación por absorción:

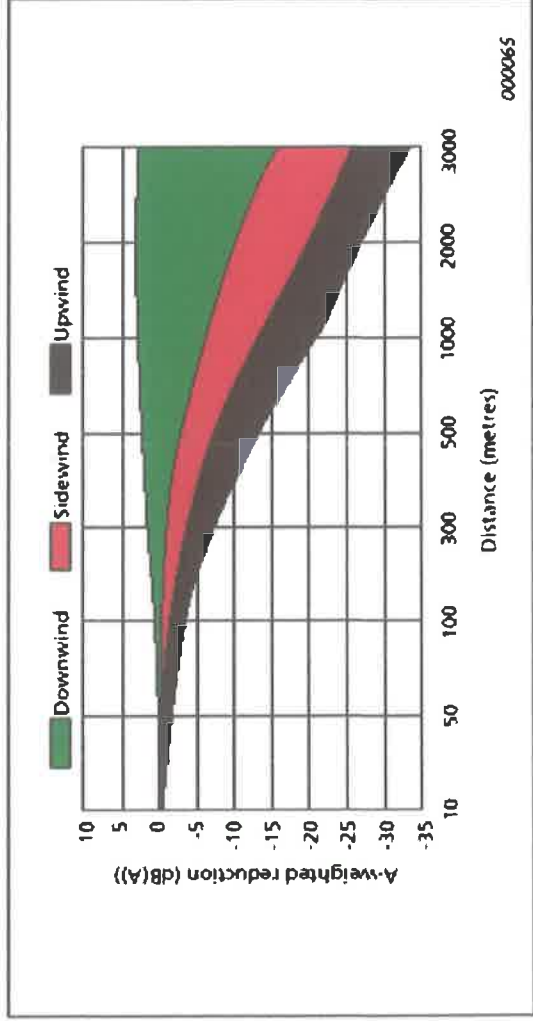
$$A_{aire} = \alpha d / 1000$$

Donde:

donde α es el coeficiente de atenuación atmosférica, en decibeles por kilómetro, para cada banda de octava en la frecuencia central (ver tabla).

Coeficiente de absorción atmosférica α [dB/km]									
Temperatura	Humedad Relativa	Frecuencia central nominal [Hz]							
°C	%	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
10	70	0,1	0,4	1,0	1,9	3,7	9,7	32,8	117
20	70	0,1	0,3	1,1	2,8	5,0	9,0	22,9	76,6
30	70	0,1	0,3	1,0	3,1	7,4	12,7	23,1	59,3
15	20	0,3	0,6	1,2	2,7	8,2	28,2	88,8	202
15	50	0,1	0,5	1,2	2,2	4,2	10,8	36,2	129
15	80	0,1	0,3	1,1	2,4	4,1	8,3	23,7	82,8

Efecto por dirección del viento en función de la distancia (vientos arriba y vientos abajo)



Atenuación por suelo:

$$A_{\text{Suelo}} = 4,8 - (2h_m / r)(17 + 300 / r)$$

Donde:

r - distancia entre la fuente y receptor (m).

h_m - altura media entre el receptor y fuente (m).

Atenuación por vegetación:

Frecuencias en octavas de banda						
31.5	63	125	500	1000	2000	4000
A_{veget}	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.08
$A_{\text{veget (real)}}$	0	0	0	0	0	0
	8000	0.12				

Atenuación por edificaciones:

$$A_{\text{Edificio}} = 0.1B * S,$$

$$B = \frac{\text{área suelo con casas}}{\text{área total}}$$

Datos de Edificaciones

	Frecuencias en octavas de banda							
	31.5	63	125	500	1000	2000	4000	8000
	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05
A_{edificio}	0	0	0	0	0	0	0	0
$A_{\text{edificio-real}}$								

Si A_{suelo} es mayor, el valor de A_{edificio} se iguala a cero

Ejemplo de Cálculos

$S_b =$	1000	m
Área de casas	5000	m ²
Área total	10000	m ²
$A_{\text{edificio}} =$	0.05	dB
$B_{30} =$	0.5	

Atenuación Total por octavas de banda:

Ejemplo de Cálculo de Atenuación total

	Frecuencias en octavas de banda							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Nivel medido	73.7	84.4	91.8	95.5	98.4	99.6	97.3	89.9
Ajuste ponderación A	-26.2	-16.1	-8.6	-3.3	0	1.2	1	-1.1
Nivel sonoro dBA	47.5	68.3	83.2	92.2	98.4	100.8	98.3	88.8
Atenuación divergencia	-35.6	-35.6	-35.6	-35.6	-35.6	-35.6	-35.6	-35.6
Atenuación absorción	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1	-0.2	-0.4	-1.4
Atenuación por suelo	-4.6	-4.6	-4.6	-4.6	-4.6	-4.6	-4.6	-4.6
Atenuación por vegetación	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Atenuación por edificios	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Atenuación total	-39.8	-39.8	-39.8	-39.9	-39.9	-40.0	-40.2	-41.3
Valor atenuado dBA	0.0	20.8	35.6	44.5	50.4	52.4	49.1	36.9
								56.0 dBA

Nota: Valores en rojo están en Decibels lineales (dBZ); los valores en azul-grisáceo están en Decibels Atenuados (dBA); y los valores en verde/amarillo equivalen a la atenuación real sumadas las fuentes de atenuación.

Cabe resaltar, que los cálculos de atenuación consideran la atenuación horizontal que se lleva a cabo de 2 a 4 metros de alto y son más conservadores (los valores son más críticos), ya que a medida que las ondas de sonido se propagan a través de la atmósfera de manera vertical, se encuentran con varios factores que pueden disminuir su intensidad al aumentar la altura. Por lo tanto, a medida que nos desplazamos de manera vertical el nivel de presión sonora de ruido será menor en función de la distancia. La atenuación del sonido con la altura se debe principalmente a dos razones:

- **Absorción Atmosférica:** La atmósfera absorbe la energía del sonido a medida que viaja a través de ella. La absorción del sonido está influenciada por factores como la temperatura del aire, la humedad y la presencia de partículas en el aire. A medida que las ondas de sonido se propagan hacia arriba, pasan a través de diferentes capas atmosféricas con propiedades variables, lo que hace que se absorba parte de la energía del sonido y se reduzca su intensidad.
- **Pérdida por propagación:** Las ondas de sonido se propagan a medida que se trasladan, lo que hace que la energía se distribuya en un área más grande. Este fenómeno se conoce como pérdida por dispersión o divergencia. A medida que las ondas de sonido se alejan de su fuente y viajan hacia arriba, la pérdida por propagación conduce a una disminución en la intensidad del sonido.

Es importante tener en cuenta que el grado de atenuación del sonido con la altura puede variar según las condiciones ambientales, como las condiciones atmosféricas, los gradientes de temperatura y la presencia de obstáculos o edificios que pueden reflejar o absorber el sonido. Además, otros factores como la dirección y la velocidad del viento pueden influir en la propagación de las ondas sonoras. Para este modelo se consideró la data meteorológica tomada in situ para las mediciones de 8 horas de trabajo (diurnas) (ver anexo 7).

I. Cálculos de Aporte de Emisor a las Fuentes Receptoras

La fórmula para sumar los aportes es la siguiente:

$$L_R = 10 \log [10^{L_1/10} + 10^{L_2/10}]$$

Donde:

LR = Ruido residual.

L1 = ruido ambiental actual del área

L2= ruido teórico producido por el emisor (en este caso las actividades constructivas de Pilotes de Zima La Cresta, S.A. o el tráfico vehicular de la carretera externa al proyecto evaluada).

5 RESULTADOS DE LA MODELACIÓN

Se modelaron dos escenarios que pueden explicar por cómo se propaga y acumula el ruido en cada situación:

1. Perforación de cada pilote por separado (fuentes discretas):

Al modelar cada pilote por separado, se está considerando el ruido generado por una única fuente activa a la vez. La energía acústica generada por un solo pilote es baja y/o las características del entorno (absorción, barreras, etc.) atenúan de manera significativa el ruido, el nivel de ruido resultante no supera los umbrales de detección o regulación establecidos. Este escenario, al tratar las fuentes como eventos aislados, no se considera la suma de los efectos sonoros acumulativos de varios pilotes. Siendo estos eventos sonoros separados por periodos de silencio.

2. Pilote perforado como fuente continua:

En este escenario, el ruido se modela como si todas las operaciones de perforado fueran continuas o como una fuente constante a lo largo del tiempo, lo que puede simular la manera que el impacto podría ser acumulativo del ruido en un área determinada. Aunque el ruido de cada pilote individualmente podría ser bajo, la suma del ruido generado por varios pilotes en secuencia (o en paralelo) puede incrementar los niveles sonoros en el ambiente, lo que resulta en un aporte mayor de ruido.

Contraste de ambos escenarios:

- **Acumulación de ruido:** El ruido de fuentes múltiples o continuas se suma, lo que puede elevar los niveles de presión sonora más allá de lo que produce una fuente aislada. Aunque, se entiende que existen periodos de silencio entre el perforado de cada pilote. Por lo que, las fuentes podrían considerarse como aisladas.
- **Persistencia en el tiempo:** En el caso de fuentes continuas, el ruido no tiene intervalos significativos de descanso, lo que genera una exposición constante y aumenta la percepción y el impacto del ruido.
- **Interferencias constructivas:** En ciertos escenarios, el ruido de diferentes pilotes puede combinarse constructivamente, produciendo picos de mayor intensidad en ciertos puntos del área.

Por lo tanto, el segundo escenario siendo más conservador podría reflejar de forma más completa cómo el ruido se comporta al tratar el Pilote perforado como un proceso acumulativo y continuo, lo cual suele generar aportes sonoros más significativos que considerar cada pilote de manera aislada.



Diferencias de ambos escenarios

Promedio temporal vs. ruido impulsivo:

- En el primer escenario (perforado de un pilote a la vez), si el ruido es modelado como un evento impulsivo (golpes intermitentes), los niveles de ruido pueden promediarse en el tiempo, lo que reduce el nivel percibido si los golpes son intermitentes y espaciados.
- En el segundo escenario, si el ruido se modela como continuo, incluso si es un pilote a la vez, el ruido es más constante, lo que eleva los niveles promediados de ruido ambiental en el modelado.

Modelo de propagación:

- Al tratar el ruido como una fuente continua, el modelo aplica una propagación diferente. En algunos casos, los modelos de ruido continuo incluyen factores de corrección que hacen que el ruido "parezca" más persistente o intenso a larga distancia, mientras que, en un evento impulsivo, el modelo puede asumir que el ruido se disipa rápidamente.

Tratamiento de los intervalos de silencio:

- En el primer escenario el software o el modelo se consideran los intervalos de silencio entre los golpes, lo que reduce los niveles globales de ruido. En cambio, si en el segundo escenario esos intervalos no se consideran, lo que arroja un valor de una fuente de ruido más constante y significativa.

En resumen, aunque solo se perfora un pilote a la vez, el escenario 2 de modelaje de ruido como fuente continua utilizó un enfoque de modelado más conservador, lo que considera el ruido de manera más prolongada y genera la percepción de un mayor aporte de ruido.

Ilustración 11 - Niveles sonoros equivalentes de ruido (Leq) en turno diurno – Áreas Isofonas – Aportes de ruido (Leq) por las futuras actividades constructivas del Pilote perforado (Escenario 1) del P.H. Zima La Cresta - Zima La Cresta, S.A., (Punto 1: Emisor 1) sobre los Receptores 1, vista 2D en Software.

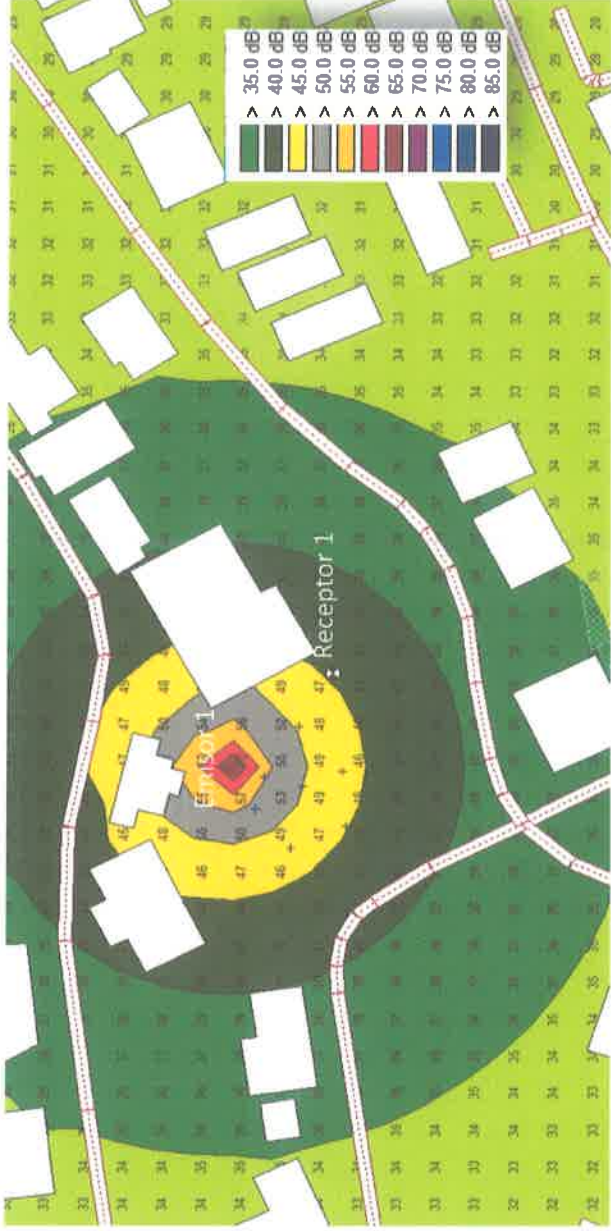


Ilustración 12 - Niveles sonoros equivalentes de ruido (Leq) en turno diurno – Áreas Isofonas – Aportes de ruido (Leq) por las futuras actividades constructivas del Pilote perforado (Escenario 1) del P.H. Zima La Cresta - Zima La Cresta, S.A., (Punto 1: Emisor 1) sobre los Receptores 1, vista 2D en Software.

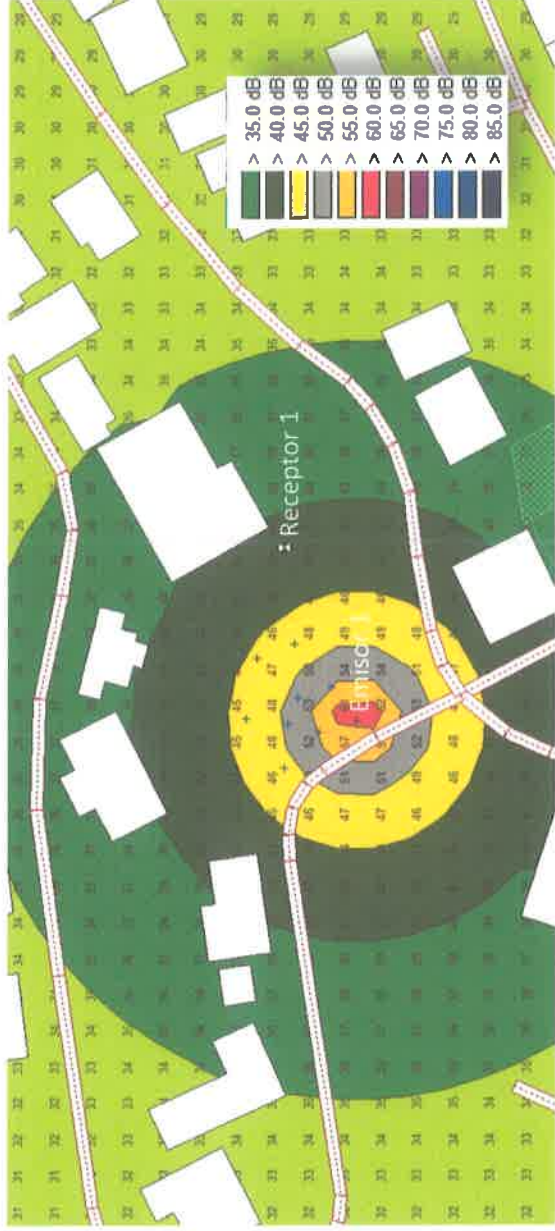


Ilustración 13 - Niveles sonoros equivalentes de ruido (Leq) en turno diurno – Líneas Isófonas – Aportes de ruido (Leq) por las futuras actividades constructivas del Pilote perforado (Escenario 1) del P.H. Zima La Cresta - Zima La Cresta, S.A., (Punto 1: Emisor 1) sobre los Receptores 1, vista 2D en Software.

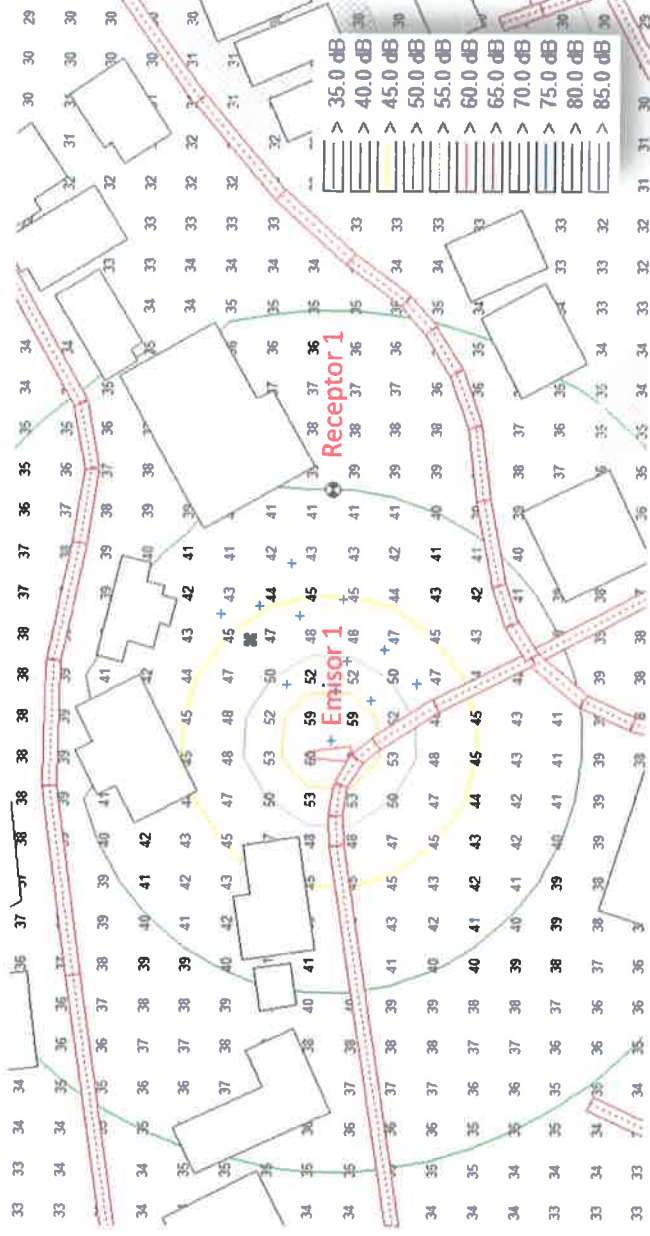


Ilustración 14 - Niveles sonoros equivalentes de ruido (Leq) en turno diurno – Líneas Isófonas – Aportes de ruido (Leq) por las futuras actividades constructivas del Pilote (Escenario 1) del P.H. Zima La Cresta - Zima La Cresta, S.A., (Punto 1: Emisor 1) punto de Pilote prensado más crítico o cercano sobre el Receptor 1, vista 2D en Software con aecamiento.

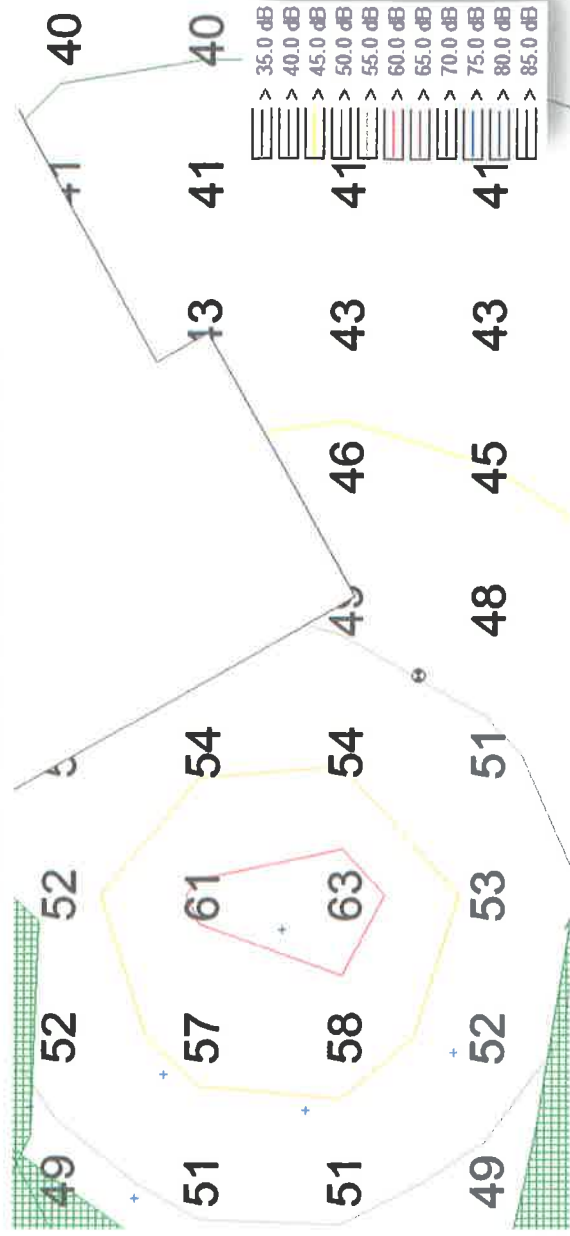
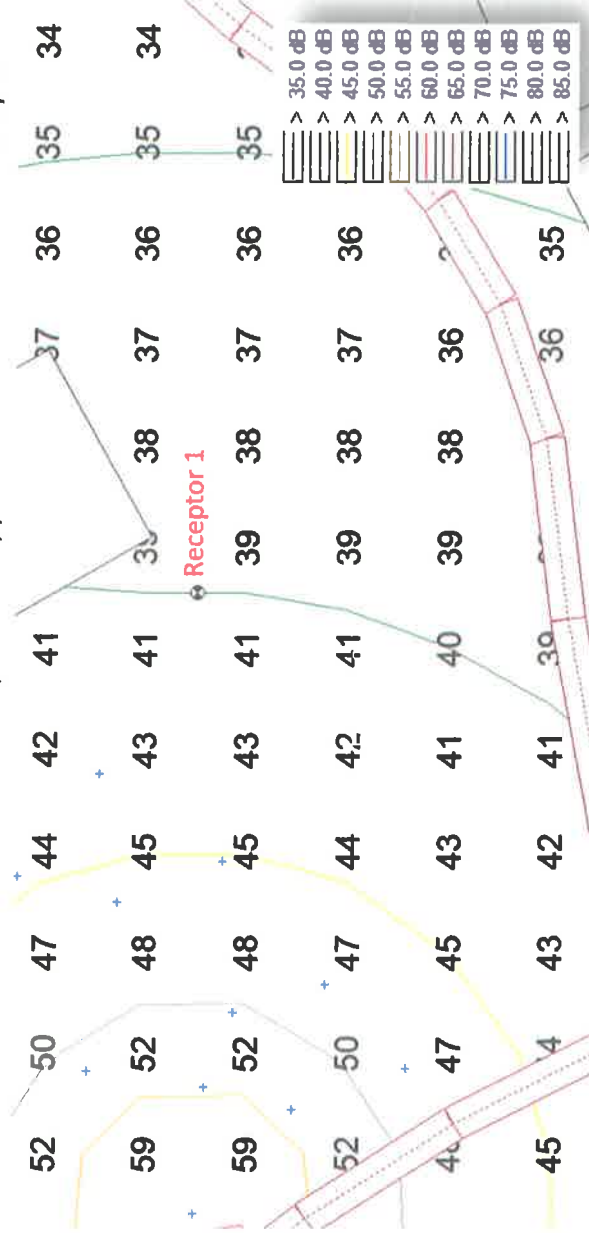


Ilustración 15 - Niveles sonoros equivalentes de ruido (Leq) en turno diurno – Áreas isófonas – Aportes de ruido (Leq) por las futuras actividades constructivas del Pilote (Escenario 1) del P.H. Zima La Cresta - Zima La Cresta, S.A., (Punto 1: Emisor 1) sobre los Receptores 1, vista 3D en Google Earth.



Ilustración 16 - Niveles sonoros equivalentes de ruido (Leq) en turno diurno – Líneas Isófonas – Aportes de ruido (Leq) por el futuro Pilote prensado (Escenario 1) por Punto 1: Emisor 1 sobre el Receptor 1



Se modeló el ruido de tráfico de fuentes vehiculares externas al futuro emisor por conteos de tráfico vehicular (ver Anexo 8)

Ilustración 17 - Niveles sonoros equivalentes de ruido (Leq) en turno diurno de la carretera en frente de al receptor considerando los vehículos externos del proyecto – Áreas Isofonas - Aportes de ruido (Leq) por la vía y su impacto sobre el Receptor 1, vista en 2D.

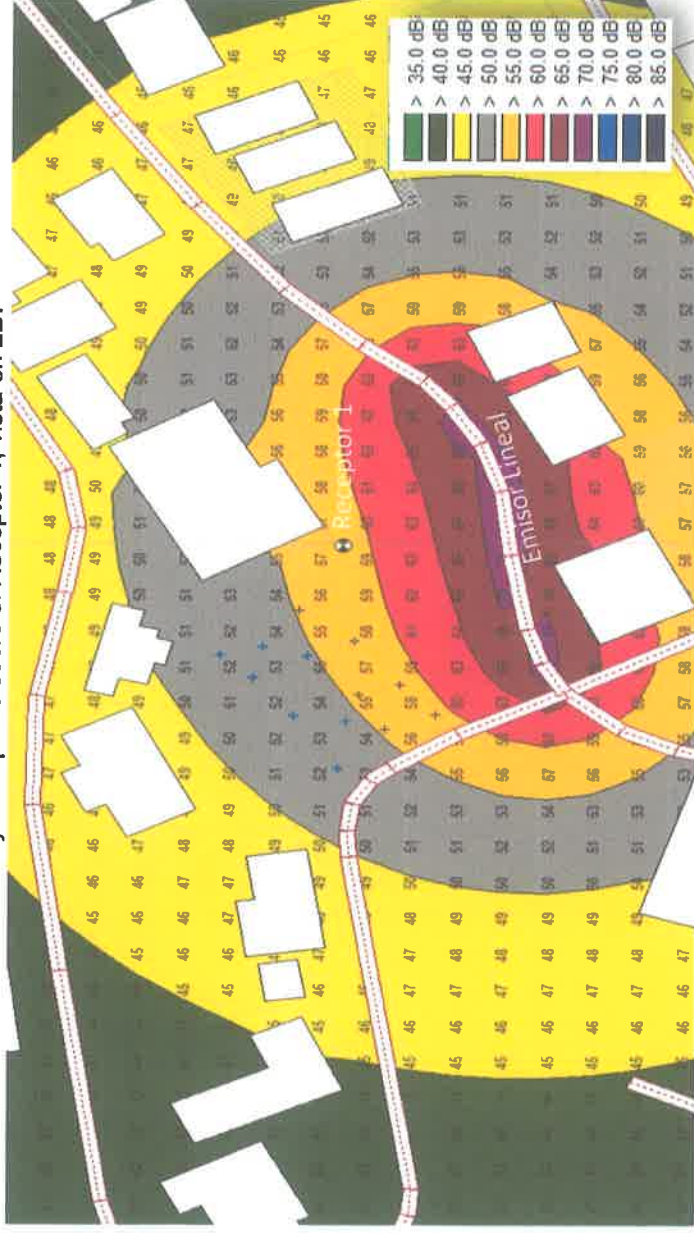
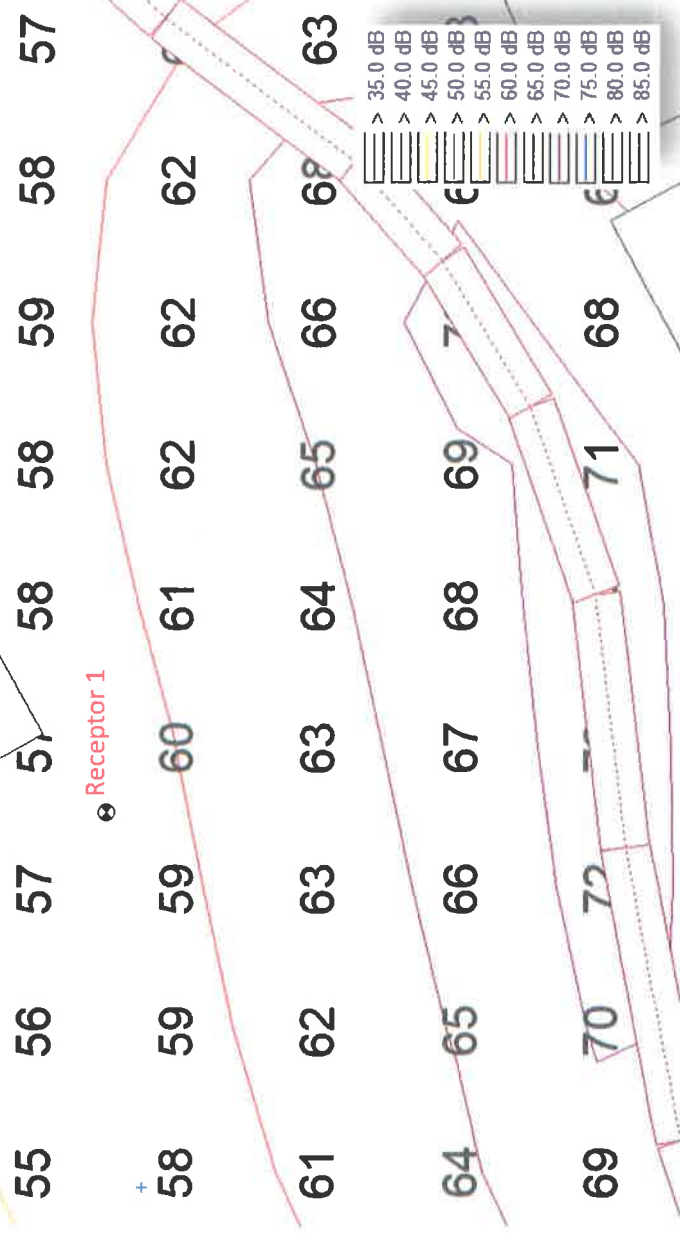


Ilustración 18 - Niveles sonoros equivalentes de ruido (Leq) en turno diurno de la carretera en frente de al receptor considerando los vehículos externos del proyecto – Líneas Isofonas - Aportes de ruido (Leq) por la vía y su impacto sobre el Receptor 1, vista en 2D.



Q



Ilustración 21 - Niveles sonoros equivalentes teóricos de ruido (Leq) en turno diurno por fuente de ruido continua en 8 horas (Pilote prensado) Escenario 2 – Áreas Isófonas - Aportes sobre el Receptor 1, vista en 2D.

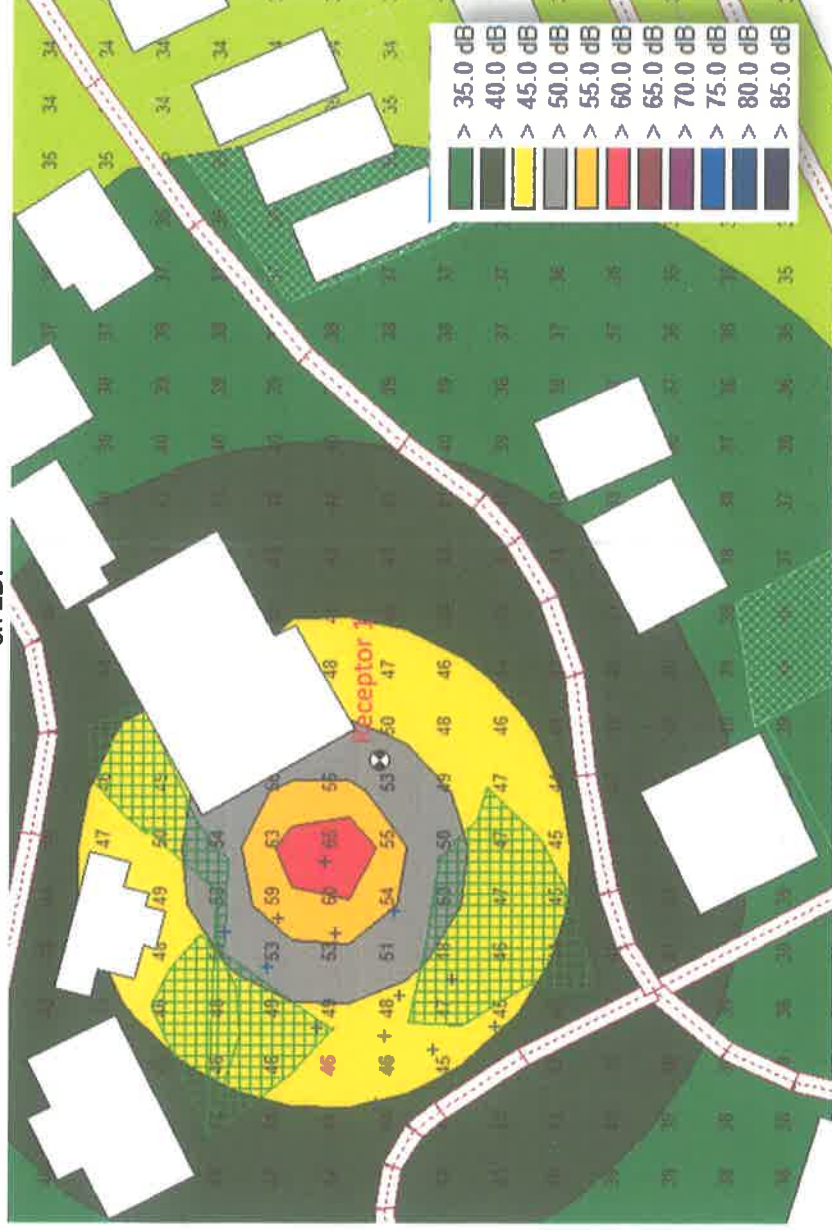
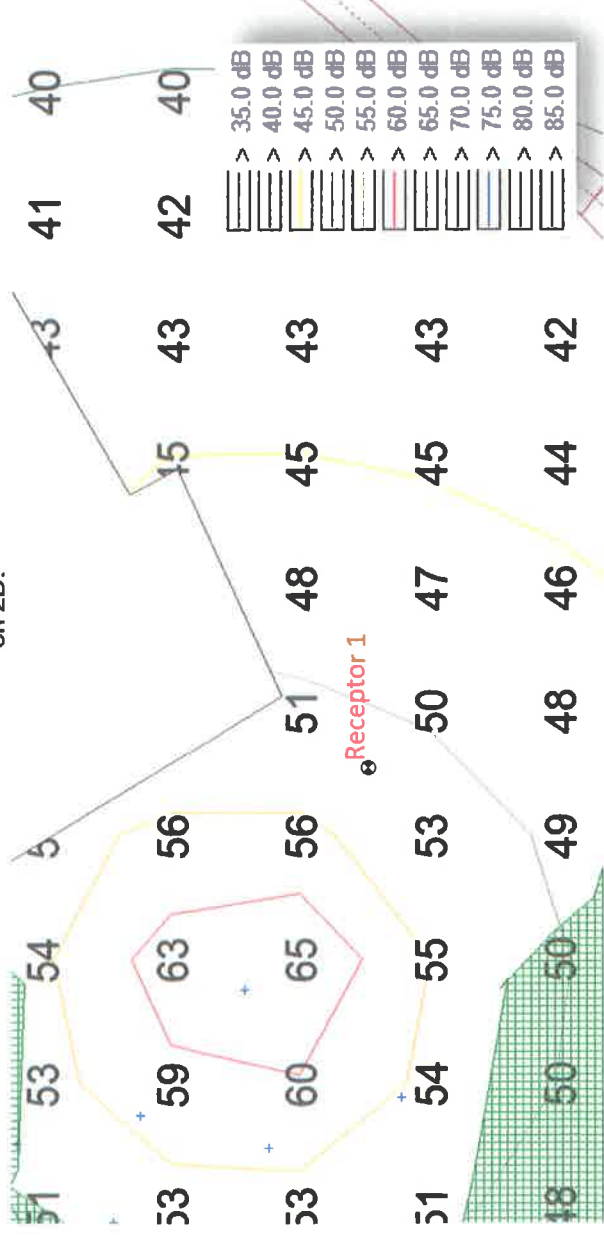


Ilustración 22 - Niveles sonoros equivalentes teóricos de ruido (Leq) en turno diurno por fuente de ruido continua en 8 horas (Pilote prensado) Escenario 2 – Líneas Isófonas - Aportes sobre el Receptor 1, vista en 2D.



6 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO

A partir de los resultados del modelo de propagación acústica, se concluye lo siguiente:

1. Tomando en cuenta los valores del nivel sonoro equivalente (L_{eq}) por la actividad constructiva del proyecto Zima La Cresta, S.A., bajo el escenario 1, considerando una operación puntual (fuente de emisión discreta) de Pilote Perforado de duración de una hora por cada punto en un momento dado, donde la prensadora de pilotes, solamente hince un pilote a la vez, terminado el perforado de un pilote, la perforadora se moviliza al siguiente punto hasta terminada la jornada laboral diurna y bajo las características de perforado mencionadas en el reporte, podemos concluir que no se generan aportes del emisor por la actividad constructiva del proyecto sobre el receptor de interés (Receptor 1). Los cálculos muestran que será producido por la actividad constructiva del proyecto Zima La Cresta, S.A. es de 0 dBA sobre el Punto 2 (Receptor 1), en horario diurno. Por lo tanto, se cumple con los requisitos establecidos en el D.E. 306 de 2002 del Ministerio de Salud para el receptor (receptor 1); ya que el decreto indica que, para áreas residenciales, áreas industriales y comerciales el aporte puede ser de hasta 0 dB, 3 dB y 5 decibeles, respectivamente. Lo anterior considerando que los niveles de presión sonora del ruido ambiental de fondo de la línea base ya se encuentran por encima de los niveles establecidos en el D.E. 1 del 15 de enero de 2004.
2. Tomando en cuenta los valores del nivel sonoro equivalente (L_{eq}) por la actividad constructiva del proyecto Zima La Cresta, S.A., bajo el escenario 2, considerando una operación con fuente de emisión continua de Pilote perforado en la jornada de 8 horas (como una fuente de emisión con un nivel de presión sonora continua equivalente L_{eq} a 10 metros de la fuente) y bajo las características de perforado mencionadas en el reporte, podemos concluir que se generan aportes de 0,1 dBA del emisor por las operaciones del proyecto sobre el receptor de interés (Receptor 1). Los cálculos muestran que será producido por la actividad constructiva del proyecto Zima La Cresta, S.A. es de 0,1 dBA sobre el Punto 2

(Receptor 1), en horario diurno. Por lo tanto, no cumpliría bajo estas circunstancias con los requisitos establecidos en el D.E. 306 de 2002 del Ministerio de Salud para el receptor (receptor 1); ya que el decreto indica que, para áreas residenciales, áreas industriales y comerciales el aporte puede ser de hasta 0 dB, 3 dB y 5 decibeles, respectivamente. Lo anterior considerando que los niveles de presión sonora del ruido ambiental de fondo de la línea base ya se encuentran por encima de los niveles establecidos en el D.E. 1 del 15 de enero de 2004, por tanto, se deben considerar pausas de trabajo durante la jornada continua de Pilote perforado.

3. Para el receptor 1, el nivel de presión sonora L_{eq} promedio generado por el Emisor 1 (actividad constructiva del proyecto Zima La Cresta, S.A.) se atenúa por debajo de 41,0 dBA, 43,0 dBA, 45,0 dBA y 48,0 dBA (diurno) en el Receptor 1 (dependiendo de la distancia de la prensadora al receptor) y en las áreas aledañas a los receptores. Por lo que no habría aportes en horario diurno.
4. El modelaje de la propagación indica que los niveles de L_{eq} promedio, producidos por los vehículos externos que no son del proyecto y que transitan por la vía frente al Receptor 1 generan un aporte de 0,5 dBA en horario diurno (8 horas). Es posible que los aportes de ruido vehicular que elevan el ruido ambiental de fondo del área puedan en parte enmascarar la percepción del ruido de la actividad del Pilote. Sin embargo, no reducirían sus aportes. En especial considerando que ambos tipos de ruidos tienen componentes en bandas de frecuencia diferentes. Donde el ruido vehicular puede tener componentes de altas frecuencias si existen pitos y roces de la llanta contra el pavimento; y componentes de medias frecuencias en la aceleración y con el motor en ralentí (en tráfico parado). Mientras que el ruido del Pilote podría emitir ruidos en las frecuencias bajas y medias. Por lo que el tráfico vehicular puede "ocultar" o "enmascarar" el ruido de la perforación en medias frecuencias. Sin embargo, el ruido de Pilote perforado suele tener picos en frecuencias bajas debido al impacto, mientras que el tráfico puede ser más amplio en frecuencia. Por lo que no lo enmascararía completamente.

5. La diferencia entre el L_{eq} y el L_{max} en los horarios diurnos en horas laborables (8 horas) es de hasta ~27,7 dBA, lo que indica que el ruido no es estable y tiene fluctuaciones de ruido. Es posible que se pueda deber a tráfico vehicular en la vía o a ruido de otras fuentes. Lo anterior, debido a que las mediciones se tomaron sin las actividades constructivas del emisor, siendo una medición de Línea Base para un EslA.
6. La diferencia entre los niveles L_{90} y L_{min} es de hasta ~4,8 dBA, lo que indica un nivel de fondo de ruido ambiental, bastante cercano al mínimo. Esto quiere decir que el ruido emitido por fuentes ajenas al proyecto cercanas y en el área presentan contribuciones bajas. Es importante mencionar que, bajo las condiciones actuales, el ruido ambiental no puede estar por debajo del L_{min} , que ya está por encima del límite máximo normado en todos los puntos para el horario nocturno de 50 dBA en los receptores.

Nota: Las estimaciones se realizaron a partir de los valores obtenidos de las mediciones efectuadas en las fechas señaladas, bajo las condiciones atmosféricas existentes en esas fechas y los datos obtenidos en campo siguiendo las metodologías aceptadas internacionalmente. Estos valores pueden variar si las condiciones de las operaciones, del área, el clima y los equipos varían.

7 ANEXOS

ANEXO 1. Metodología de Medición.

ANEXO 2. Valores de las mediciones realizadas.

ANEXO 3. Valores guía para el ruido urbano en ambientes específicos.

ANEXO 4. Fotos de las mediciones.

ANEXO 5. Certificados de calibración.

ANEXO 6. Glosario.

ANEXO 7. Bibliografía.

7.1 ANEXO 1. METODOLOGÍA DE MEDICIÓN

Método ISO 1996-2:2017 (International Organization for Standardization (ISO), 2017)

Parámetro	Metodología	Equipo	Serie
Ruido Ambiental	Medición de lectura directa	Sonómetro	Larson Davis LxT1 serie 7240
			Larson Davis LxT1 serie 0006071
		Calibrador	Marca Larson Davis modelo Cal 200 N/S: 17717
			Marca Larson Davis modelo Cal 200 N/S: 20814

Equipos de Medición



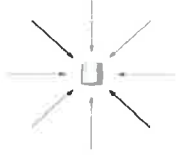
Micrófonos



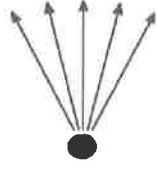
FUENTE LINEAL



**Campo de presión
(Pressure field):**
interiores pequeños con
superficies duras



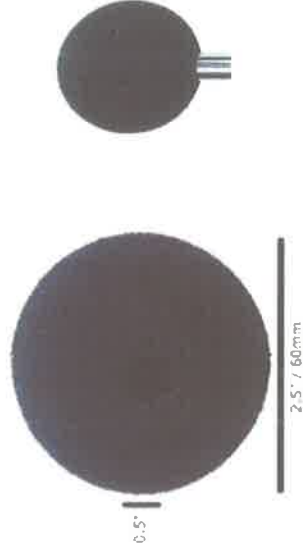
**Campo difuso (random
incidence):** interiores con
reverberación



Campo libre (free field):
para exteriores o
interiores con buena
acústica



Preamplificador, Pantalla de Viento y Micrófono



Pistóns Verificadores de Campo



Calibrador electrónico clase I
CAL 200. Cumple con IEC
60942:2003



Calibrador electrónico clase II
CAL 150. Cumple con IEC
60942:2003

7.2 ANEXO 2. DATOS DE EMISIÓN TEÓRICA DE RUIDO POR ACTIVIDAD CONSTRUCTIVA DE PILOTE PRENSADO EN BANDA ANCHA.



Datos de Emisión Teórica de Ruido por actividad constructiva en Octavas de Banda (para *Pilote prensado*):

Table C.12 Supplementary sound level data on piling

Ref.	Equipment	Pile Width	Pile depth	Energy, power rating	Dolly	Sound power level L_{wA}	Soil	Cycle time	On- time	Activity equivalent continuous sound pressure level L_{eq} at 10 m (one cycle)
Steel piling										
1	Pressed-in steel tubular piles; power pack pressing unit (does not include ancillary plant including mobile crane)	—	—	225 kW	—	96	—	—	—	68
		—	—	Available up to 4 MN pressing force	—	83	—	—	—	55
2	Hydraulic power pack	—	—	75 kW to 900 kW	—	101 to 114	—	—	100	73 to 86

BRITISH STANDARD

Driven cast in situ piling										
3	16.75	0.38 dia.	4 t, 0.6 m drop	Sand	103 Δ	103 Δ	12 m fill onto stiff clay	30	65	84
4	16.75	0.38 dia.	4 t, 0.6 m drop	Sand	103 Δ	103 Δ		30	65	85
5	16.75	0.38 dia.	4 t, 0.6 m drop	Sand	119 Δ	119 Δ		30	65	101
6	16.75	0.38 dia.	4 t, 0.6 m drop	Sand	117 Δ	117 Δ		30	65	98
7	10.90	0.34 dia.	5 t, 0.6 m drop	Sand	104	104	6 m fill, 4 m alluvium overlying mudstone	30	65	92
8	15.00	0.34 dia.	5 t, 0.6 m drop	Sand	108	108	5 m fill overlying firm to stiff clay	20	50	80
9	11.70	0.34 dia.	5 t, 0.6 m drop	Sand	132	132		25	50	107
10	10.30	0.34 dia.	5 t, 0.6 m drop	Sand	117	117	2 m fill, 7 m alluvium overlying medium dense gravel	20	50	98

164

Table C.12 Supplementary sound level data on piling (continued)

Ref.	Equipment	Pile	Width	Energy, power	Energy, power	Dolly	Sound power level $L_{w,p}$	Soil	Cycle time	On-time	Activity equivalent continuous sound pressure level L_{eq} at 10 m (one cycle)
no		depth		rating			dB		%	dB	
11	NCK 605, hanging leaders and drop hammer	20.90	0.34 dia.	4 t, 0.9 m drop	Aluminum	121	4 m fill, 3 m v. loose sand, 2 m	30	65	93	
12		20.90	0.34 dia.	4 t, 0.9 m drop	Aluminum	146	peat, 2 m v. soft clay, 10 m	30	65	61	
13		16.50	0.43 dia.	4 t, 0.9 m drop	Timber	88		40	80	80	
14		17.70	0.43 dia.	4 t, 0.9 m drop	Aluminum	103	1 m fill, 10 m alluvium, 2 m	40	80	88	
15		17.70	0.43 dia.	4 t, 0.9 m drop	Aluminum	122	loose to medium dense gravel	40	80	96	
16		17.70	0.43 dia.	4 t, 0.9 m drop	Plastic	118	onto stiff clay	40	80	96	
17		7.60	0.34 dia.	4 t, 0.9 m drop	Aluminum	142	4 m fill, 3 m alluvium	25	75	101	
18		20.80	0.43 dia.	4 t, 0.9 m drop	Aluminum	122	3 m fill, 10 m alluvium, 5 m	40	80	96	
19		11.50	0.34 dia.	4 t, 0.9 m drop	Aluminum	116	2 m fill, 3 m alluvium	30	65	93	
20		11.10	0.34 dia.	4 t, 0.9 m drop	Aluminum	110	overlying medium dense gravel	30	65	91	
21		14.60	0.38 dia.	4 t, 0.9 m drop	Aluminum	120	2 m fill onto firm becoming	40	80	92	
22		11.10	0.34 dia.	4 t, 0.9 m drop	Aluminum	100	2 m fill, 3 m alluvium	30	65	72	
23		8.30	0.43 dia.	4 t, 0.9 m drop	Aluminum	112	overlying medium dense gravel	30	65	93	
24		15.00	0.38 dia.	4 t, 0.9 m drop	Aluminum	109	2 m fill, 7 m alluvium	30	65	90	
25		15.50	0.34 dia.	4 t, 0.9 m drop	Aluminum	112	2 m fill, 6 m alluvium	30	65	91	



BS 5228-1:2009

BRITISH STANDARD

Ref. no	Equipment	Pile width	Energy, power rating	Dolly	Sound level L_{pA}	Soil	Cycle time	On-time	Activity equivalent continuous sound level L_{eq} at 10 m (one cycle)
26		15.50 m	0.38 dia.	4 t, 0.9 m drop	Timber	107	25	50	79
27		14.50 m	0.34 dia.	4 t, 0.9 m drop	Aluminium	115	30	65	87
28	NCK 605, hanging leaders and drop hammer	16.50 m	0.34 dia.	4 t, 0.9 m drop	Aluminium	107	40	80	79
29		16.50 m	0.34 dia.	4 t, 0.9 m drop	Aluminium	120	40	80	92
30		19.50 m	0.43 dia.	4 t, 0.9 m drop	Aluminium	120	40	80	92
31		19.50 m	0.43 dia.	4 t, 0.9 m drop	Aluminium	109	40	80	81
32		11.50 m	0.43 dia.	4 t, 0.9 m drop	Timber	113	30	65	85
33	NCK Atlas, hanging leaders and drop hammer	23.00 m	0.38 dia.	4 t, 0.9 m drop	Aluminium	106	40	80	78
34		23.00 m	0.38 dia.	4 t, 0.9 m drop	Aluminium	120	40	80	92
35		—	—	7 t, 0.6 m drop	Sand	103	—	—	—
36		—	—	9 t, 0.7 m drop	Polypenco	106	—	—	86
37	Junttan PM25, hydraulic hammer	—	—	7 t, 0.6 m drop	Polypenco	111	—	—	91
38		—	—	7 t, 0.6 m drop	Sand	108	—	—	88
39		—	—	7 t, 0.6 m drop	Sand	111	—	—	93
40	Soilmec R622	25.00 m	0.9 dia.	—	None	106	133	81	
41		11.80 m	0.4 dia.	—	None	105	50	95	80
42	Soilmec CMA5	17.50 m	0.45 dia.	—	None	108	55	95	83
43		14.80 m	0.45 dia.	134 kW	None	102	80	95	77
44	Soilmec CMA8	14.80 m	0.45 dia.	134 kW	None	98	80	95	73
Continuous flight auger piling									
7 m alluvium, 7 m firm to stiff clay, 2 m medium dense sand, 2 m clay onto sand									
8 m fill overlying sandstone									
5 m fill, 2 m sand onto firm becoming stiff clay									
2 m fill, 7 m soft to firm clay, 6 m medium dense clayey sand onto sandstone									
77									

Table C.12 Supplementary sound level data on piling (continued)

Table C.12 Supplementary sound level data on piling (continued)

Ref.	Equipment	File	Width	Energy, power rating	Dolly	Sound power level L_{wA}	Soil	Cycle time	On-time	Activity equivalent pressure level L_{eq} at 10 m (one cycle)
		m	m			dB		%		dB
45		12.00	0.6 dia.	155 kW	None	100	2 m fill overlying firm to stiff becoming very stiff clay with limestone bands	55	95	75
46	Soilmec R412	7.50	0.6 dia.	155 kW	None	102	3 m fill overlying siltstone	25	90	76
47		10.00	0.45 dia.	155 kW	None	102		25	90	77
48		10.00	0.45 dia.	155 kW	None	102	5 m fill, 6 m stiff sandy clay	25	90	77
49		10.00	0.45 dia.	155 kW	None	101	onto sandstone	25	90	76
50	Vibrocat, top-feed, electric vibrator	3.50	-0.45 dia.	50 kW	None	115	Firm to stiff clay	10	70	85
51	NCK 305, top-feed, electric vibrator	3.00	-0.45 dia.	50 kW	None	119		10	70	89
52	Vibrocat, bottom-feed, electric vibrator	3.30	-0.55 dia.	50 kW	None	96		10	70	65
53	Vibrocat, VCC, electric vibrator	8.50	0.43 dia.	50 kW	None	115		25	85	85
54	Minicat, top-feed, electric vibrator	3.40	-0.50 dia.	50 kW	None	108	Mixed medium dense granular / firm cohesive soils	20	85	77
55	Minicat, top-feed, electric vibrator	3.00	-0.50 dia.	50 kW	None	115		15	80	85
56	NCK 305, top-feed, electric vibrator	3.00	-0.50 dia.	50 kW	None	111		15	80	81
57	Vibrocat, bottom-feed, electric vibrator	3.0	-0.55 dia.	55 kW	None	102	Soft to firm clay	10	70	72
58	Vibrocat, bottom-feed, electric vibrator	3.70	-0.50 dia.	50 kW	None	119		10	70	89
59	Minicat, top-feed, electric vibrator	4.70	-0.45 dia.	55 kW	None	123	Mixed medium dense granular / firm cohesive soils	10	70	93
60	Vibrocat, bottom-feed, electric vibrator	6.00	-0.50 dia.	55 kW	None	129		15	80	87
61	Minicat, top-feed, electric vibrator and prebore rig	3.50	-0.50 dia.	55 kW	None	115	Very loose cohesionless soils	10	70	84
62	Minicat, top-feed, electric vibrator	1.70	-0.55 dia.	55 kW	None	110	Loose cohesionless soils	10	70	79

BS 5228-1:2009

BRITISH STANDARD



Table C.12 Supplementary sound level data on piling (continued)

Ref. no	Equipment	Pile depth	Width	Energy, power rating	Dolly	Sound level L_{wA}	Soil	Cycle time	On-time	Activity equivalent continuous sound pressure level L_{eq} at 10 m (one cycle)
		m	m			dB		%		dB
63	Minical, top-feed, electric vibrator	4.30	-0.40 dia.	55 kW	Polyurethane	113	Mixed medium dense granular/firm cohesive soils	15	80	83
64	Minical, top-feed, electric vibrator	4.30	-0.40 dia.	55 kW	Polyurethane	105		15	80	75
65	NCK 305, top-feed, electric vibrator	4.00	-0.50 dia.	55 kW	None	103		15	80	73
66		2.80	-0.55 dia.	55 kW	None	112		10	70	82
67	Vibrocal, bottom-feed, electric vibrator	2.50	-0.55 dia.	55 kW	None	111	Loose to medium dense cohesionless soils	10	70	81
68		2.50	-0.55 dia.	55 kW	None	114		10	70	84
69		3.50	-0.55 dia.	55 kW	None	113		10	70	83
70	Vibrocal, bottom-feed, electric vibrator	—	—	55 kW	None	113		—	—	85
71	Vibrocal, bottom-feed, electric vibrator	—	—	55 kW	None	106	Unknown	—	—	75
72	Vibrocal, VCC, electric vibrator	—	—	55 kW	None	91		—	—	60
73		—	2.4 x 2.4	8 t, 8 m drop	None	102	Refuse / contaminated fill	1	80	81
74	NCK Ajax	—	2.4 x 2.4	8 t, 8 m drop	None	101	Refuse / contaminated fill	1	80	81
75	NCK Ajax	—	2.4 x 2.4	8 t, 12 m drop	None	105		1	80	84
76	Supra 1100	—	2.4 x 2.4	15 t, 10 m drop	None	101	Mixed fill	1	80	81
77	NCK Eiger C120	—	2.4 x 2.4	15 t, 10 m drop	None	102		1	80	81

BRITISH STANDARD

BS 5228-1:2009



Table C.12 Supplementary sound level data on piling (continued)

Ref. no	Equipment	Pile depth	Width	Energy, power rating	Dolly	Sound power level L_{wA}	Soil	Cycle time	On-time	Activity equivalent continuous sound pressure level L_{Aeq} at 10 m (one cycle)
78		m	m			dB		%	dB	
78		—	2.4 x 2.4	8 t, 12 m drop	None	102		1	80	82
79		—	2.4 x 2.4	8 t, 12 m drop	None	105		1	80	69
80		—	2.4 x 2.4	8 t, 12 m drop	None	105		1	80	78
81		—	2.4 x 2.4	8 t, 12 m drop	None	99		1	80	79
82		—	2.4 x 2.4	8 t, 12 m drop	None	99		1	80	78
83		—	2.4 x 2.4	8 t, 12 m drop	None	102		1	80	81
84		—	2.4 x 2.4	8 t, 12 m drop	None	110		1	80	90
85		—	2.4 x 2.4	8 t, 12 m drop	None	109		1	80	88
86		—	2.4 x 2.4	8 t, 12 m drop	None	109		1	80	88
87		—	2.4 x 2.4	8 t, 12 m drop	None	107		1	80	87
88		—	2.4 x 2.4	8 t, 12 m drop	None	106		1	80	86
89	NCK Ajax	—	2.4 x 2.4	8 t, 12 m drop	None	108	Refuse / contaminated fill	1	80	87
90		—	2.4 x 2.4	8 t, 12 m drop	None	107		1	80	87
91		—	2.4 x 2.4	8 t, 12 m drop	None	107		1	80	87
92		—	2.4 x 2.4	8 t, 12 m drop	None	109		1	80	88
93		—	2.4 x 2.4	8 t, 12 m drop	None	111		1	80	91
94		—	2.4 x 2.4	8 t, 12 m drop	None	106		1	80	86
95		—	2.4 x 2.4	8 t, 12 m drop	None	107		1	80	86
96		—	2.4 x 2.4	8 t, 12 m drop	None	109		1	80	89
97		—	2.4 x 2.4	8 t, 12 m drop	None	109		1	80	89
98		—	2.4 x 2.4	8 t, 12 m drop	None	109		1	80	88
99		—	2.4 x 2.4	8 t, 3 m drop	None	104		1	80	83
Coring through existing piles										
100	Bauer BG36 coring reinforced concrete pile	—	—	—	None	—		—	—	72 to 87
101	Junttan PM18/30 coring reinforced concrete pile	—	—	—	None	—		—	—	76 to 90
N Owing to local circumstances the attenuation rate was not standard so propagation values have been amended.										

Table D.4 Historic sound level data on piling: piling operations

[illegible]

Table D.4 Historic sound level data on piling: piling operations (continued)

Ref no.	Pile	Method	Energy, power rating	Dolly	Sound power level	Soil	Sound level	Activity	On-time	Cycle time	On-time	Activity	Equivalent sound pressure level L_{eq} at 10 m (one cycle)
17	23	0.4 dia.	4.1 m drop	Aluminium alloy	129	Fill/clay	33 min	60	33 min	58 min	80	89	100
18	23	0.4 dia.	4.1 m drop	Wood	119	Fill/clay	58 min	80	58 min	75 min	50	87	91
19	23	0.4 dia.	4.1 m drop	Wood	118	Fill/clay	75 min	50	75 min	—	50	91	101
20	23	0.4 dia.	4.1 m drop	Wood	122	Chalk	60 min	50	60 min	15 min	35	93	93
21	10	0.4 dia.	5 500 kg m	Wood	132	Clay	60 min	50	60 min	15 min	35	93	93
22	8	1.25	Electric vibratory extractor	24 Hz	125	Clay	15 min	35	15 min	—	100	83	83
23	14	0.5 dia.	25 kW	None	103	Hard clay	1.5 days	85	1.5 days	—	100	83	83
24	9.5	0.5 dia.	18 kW	None	104	Rough/fill/clay/limestone	9 h	85	9 h	—	100	83	83
25	10	0.3 dia.	12 kW	None	112	Gravel/clay	4 h	65	4 h	—	100	83	83
26	10	0.5 dia.	2 x 16 kW	None	112	Sand fill/vet clay	—	100	—	—	100	83	83
27	8	0.37 sq.	Drop hammer	5 t	125	Clay/fill/m/chalk	60 min	50	60 min	30 min	70	96	96
28	10	0.36 sq.	Diesel hammer	6 219 kg m	None	125	Fill/clay sandstone	30 min	30 min	47 min	60	87	87
29	10	0.535 dia.	6.05 m drop	Wood	124	Fill	5 min	30	5 min	2.5 h	80	87	91
30	25	0.285 sq.	5.1 m drop	Wood	123	Clay/fill/m/chalk	2.5 h	80	2.5 h	—	—	—	—
31	20	0.275 sq.	4.05 m drop	Wood	116	Chalk/clay	47 min	60	47 min	—	—	—	—
32	20	0.275 sq.	4.05 m drop	Wood	116	Fill/clay/sand	67 min	30	67 min	—	—	—	—



Table D.4 Historic sound level data on piling: piling operations (continued)

Ref no.	Pile	Depth	Width	Method	Energy, power rating	Dolly	Sound power level	Soil	Cycle time	On-time	Activity	equivalent sound pressure level L_{eq} at 10 m (one cycle)
		m	m				dB		%	dB		
33	15	1.5 dia.		Crane mounted auger	Crane 113 kW	None	116	Clay	60 min	55	87	
34	19	1.07 dia.			Crane 100 kW	None	116	Fill/clay	40 min	25	83	
35	13	1 dia.			Donkey 75 kW	None	113	Clay	Boring	100	85	
36	26	0.82 dia.			Crane 75 kW	None	118	Clay	Boring	100	90	
37	20	0.75 dia.			Crane 99 kW	None	111	Clay/silt	30 min	30	79	
38	15	0.75 dia.			Crane 58 kW	None	116	Clay	60 min	50	85	
39	10	0.75 dia.			Donkey 97 kW	None	112	Clay	40 min	50	82	
40	13	0.61 dia.			Crane 100 kW	None	124	Clay	52 min	15	88	
41	15.7	0.55 dia.			Donkey 37 kW	None	112	Clay	90 min	50	81	
42	8	0.4 dia.			Crane 58 kW	None	116	Clay	Boring	100	88	
43	8	0.4 dia.		Crane mounted auger, pile case vibratory driven	Donkey 134 kW	None	116	Dry clay	—	100	88	





BRITISH STANDARD

Ref no.	Pile	Depth	Width	Method	Energy, power rating	Dolly	Sound power level	Soil	Cycle time	On-time	Activity
44	10	0.48 dia			75 kW			None	109	50	79
45	5	0.25 dia.		Lorry mounted auger	54 kW			None	112	50	81
46	4	0.225 dia.			39 kW			None	102	30	71
47	33	1.18 dia.			164 kW			None	115	8 h	81
48				See Table D.5							
49				See Table D.5							
50	12	0.4		Double acting diesel hammer	3790 kgf m			Steel on fibrous material	135	100	107
51					16500 kgf m			Not known	140	100	112
52	12	0.4			560 kgf m			Steel on fibrous material	134	100	106
53	12	0.4		Hydraulic vibratory driver	20.7 kg m eccentric moment; 26 Hz			None	118	100	90
54	8	0.508		Air hammer	415 kgf m			None	131	100	103
55	8	0.508			415 kgf m			None	134	100	106
56	8	0.508			3 t			150 mm greenheart	94	100	66
57	8	0.508		Drop hammer (hammer and pile enclosed acoustically)	3 t			timber plus rope	98	100	70
58	10 (4 m exposed)	0.96			15 kN m			timber plus rope	111	100	83
59	15 (5 m exposed)	1.05			60 kN m			Steel on fibrous material	121	100	93
60	15	1.05		Hydraulic drop hammer, enclosed acoustically	60 kN m			Steel on fibrous material	113	100	85

dB
%
cycle)
10 m (one
level L_{eq} at
pressure
sound
equivalent
continuous
level

BS 5228-1:2009

Table D.4 Historic sound level data on piling: piling operations (continued)

Table D.4 Historic sound level data on piling: piling operations (continued)

Ref no.	Pile	Method	Energy, power rating	Dolly	Sound level L_{pA}	Soil	Cycle time	On-time	Activity	equivalent continuous sound pressure level L_{eq} at 10 m (one cycle)	m	m
61	23	1.07 dia.	Double acting diesel hammer		6219 kgf m	Not known	122	—	100	94		
62	23	1.07 dia.	Double acting diesel hammer		16000 kgf m	Not known	132	—	100	104		
Tubular casing												
63a)	13	0.35 dia.	Drop hammer		3.3 t, 1.2 m drop	Resilient composite pad	130	20 min	20	95		
63b)	13	0.35 dia.	Drop hammer		3.3 t, 1.2 m drop	Resilient composite pad	126	20 min	30	93		
63c)	13	0.35 dia.	Drop hammer, extracting casing		3.3 t	Estuarial alluvia	120	20 min	10	82		
64a)	14	0.4 dia.	Drop hammer		4 t, 1.2 m drop	Resilient composite pad	132	45 min	40	100		
64b)	14	0.4 dia.	Drop hammer		4 t, 1.2 m drop	Resilient composite pad	125	45 min	20	90		
64c)	14	0.4 dia.	Drop hammer, extracting casing		4 t	Dense sand	118	45 min	5	77		
65a)	8	0.35 dia.	Drop hammer, partially enclosed acoustically		3.3 t, 1.2 m drop	Resilient composite pad	117	25 min	15	81		
65b)	8	0.35 dia.	Drop hammer, partially enclosed acoustically		3.3 t, 1.2 m drop	Resilient composite pad	122	25 min	35	89		
65c)	8	0.35 dia.	Drop hammer, partially enclosed acoustically, extracting casing		3.3 t, 1.2 m drop	Resilient composite pad	121	25 min	8	82		
66a)	8	0.4 dia.	Drop hammer, partially enclosed acoustically		4 t, 1.6 m drop	None	129	30 min	35	96		
66b)	8	0.4 dia.	Drop hammer, partially enclosed acoustically		4 t, 1.6 m drop	None	125	30 min	30	92		
67a)	5	0.45 dia.	Dry mix aggregate plug		3 t, 4 m drop	Made ground overlying clay	113	40 min	50	82		
67b)	5	0.45 dia.	Dry mix aggregate plug		3 t, 4 m drop	Made ground overlying clay	115	40 min	50	84		
68a)	14	0.4 dia.	Dry mix aggregate plug		3 t, 4 m drop	Ballast	111	—	50	80		
68b)	14	0.4 dia.	Dry mix aggregate plug		3 t, 4 m drop	Ballast	116	—	25	82		

BS 5228-1:2009 • 87





Ref. no. File Method Energy, power rating Dolly Sound level power level L_{pA} Cycle time On-time Activity equivalent continuous sound pressure level L_{eq} at 10 m (one cycle) dB %

Impact bored/pile cast in place									
69a)	20	0.5 dia.	Tripod winch	20 kW	None	106	Fil/ballas/stiff clay	6 h	30
69b)	20	0.5 dia.	Tripod winch	20 kW	None	108	Fil/ballas/stiff clay	6 h	60
69c)	20	0.5 dia.	Tripod winch, driving	3/4 t, 1 m drop	Steel	118	Fil/ballas/stiff clay	6 h	2.5
69d)	20	0.5 dia.	Tripod winch, driving	3/4 t, 1 m drop	Steel	122	Fil/ballas/stiff clay	6 h	2.5
70a)	25	0.6 dia.	Tripod winch	20 kW	None	108	Fil/sand/ballas/stiff clay	10 h	30
70b)	25	0.6 dia.	Tripod winch	20 kW	None	113	Fil/sand/ballas/stiff clay	10 h	60
70c)	25	0.6 dia.	Tripod winch, driving	3/4 t, 1 m drop	Steel	127	Fil/sand/ballas/stiff clay	10 h	2
70d)	25	0.6 dia.	Tripod winch, driving	3/4 t, 1 m drop	Steel	129	Fil/sand/ballas/stiff clay	10 h	2
H section steel piling									
71	22.5	0.31 x 0.31 x 0.11	Double acting diesel hammer	3 703 kgf m	Steel on fibrous material	127	Sand and silt overlying stiff clay	—	100
72	—	0.35 x 0.37 x 0.089	Diesel hammer	6 219 kgf m	Not known	122	Rock fill	—	100
73	75	0.3 x 0.3	Hydraulic drop hammer, enclosed acoustically	36 kN m	Hardwood	113	Chalk	—	100
74	75	0.3 x 0.3	Hydraulic drop hammer, enclosed acoustically	36 kN m	Hardwood	116	Chalk	—	100
75	75	0.3 x 0.3	Hydraulic drop hammer	84 kN m	Steel on fibrous material	124	Chalk	—	100

Table D.4 Historic sound level data on piling: piling operations (continued)

Table D.4 Historic sound level data on piling: piling operations (continued)

Ref no.	Pile	Depth	Width	Method	Energy, power rating	Dolly	Sound power level	Soil	Cycle time	On-time	Activity	equivalent continuous sound pressure level L_{eq} at 10 m (one cycle)
m												
m												
dB												
%												
Precast concrete piles												
76	—	—	—	Drop hammer	5 t, 0.75 m drop	Not known	114	Fill	—	100	86	79
77	50	0.29 x 0.29 square section modular (joined)	0.29 x 0.29 square section modular (joined)	Hydraulic drop hammer, enclosed acoustically	60 kN m	Hardwood	107	Chalk	—	100	79	86
78	50	0.275 x 0.275 square section modular (joined)	0.275 x 0.275 square section modular (joined)		60 kN m	Hardwood	111	Chalk	—	100	83	83
79	20	0.275 x 0.275 square section modular (joined)	0.275 x 0.275 square section modular (joined)	Hydraulic hammer	3 t, 0.3 m drop	Hardwood	111	Stiff clay overlying mudstone	—	100	83	83
80	20	0.275 x 0.275 square section modular (joined)	0.275 x 0.275 square section modular (joined)		3 t, 0.3 m drop	Hardwood	119	Stiff clay overlying mudstone	—	100	91	91
81	10	0.275 x 0.275 square section modular (joined)	0.275 x 0.275 square section modular (joined)	Hydraulic hammer, partially enclosed acoustically	4 t, 0.3 m drop	Hardwood	109	Clay/gravel overlying mudstone	—	100	81	81
82	10	0.285 x 0.285 square section modular (joined)	0.285 x 0.285 square section modular (joined)		4 t, 0.3 m drop	Hardwood	106	Clay/gravel overlying mudstone	—	100	78	78
83	17	0.285 x 0.285 square section modular (joined)	0.285 x 0.285 square section modular (joined)	Drop hammer	5 t, 1 m drop	Wood	114	Silt and gravel	55 min	80	85	85



Table D.4 Historic sound level data on piling: piling operations (continued)

Ref no.	Pile	Depth	Width	Method	Energy, power rating	Dolly	Soil	Sound power level	Sound level	Activity	On-time	Cycle time	On-time	Activity	equivalent continuous sound pressure level L_{eq} at 10 m (one cycle)
84	20	0.08 m ² hexagonal section (joined) modular		Drop hammer, hanging leaders: soft driving	4 t, 0.6 m drop	Wood	Alluvium	114	dB	—	100	—	86	dB	
85	20	0.08 m ² hexagonal section (joined) modular		Drop hammer, hanging leaders: medium/hard driving	4 t, 0.75 m drop	Wood	Stiff clays and gravels	121	dB	—	100	—	93	dB	
86	20	0.106 dia. modular shell		Drop hammer driving on mandrel/pile cast in place	5 t, 0.75 m drop	Wood/sisal	Fill overlying chalk	114	dB	41 min	30	—	82	dB	
87	28	0.111 dia. modular shell		Drop hammer driving on mandrel/pile cast in place	6 t, 1 m drop	Wood	Sand/clay/chalk	121	dB	57 min	30	—	89	dB	
Bored piling/pile cast in place															
88	10	0.45 dia.		Crane-mounted auger: donkey engine in acoustic enclosure	65 kW	None	Fill overlying stiff clay	108	dB	45 min	100	—	80	dB	
89a)	25	0.6 dia.		Crane-mounted auger: donkey engine in acoustic enclosure	90 kW	None	Sand/gravel/stiff clay	110	dB	90 min	85	—	81	dB	
89b)	7	0.6 dia.		Driving temporary casing to support upper strata in prebored hole by drop hammer	2.5 t, 0.6 m drop	Steel	Sand/gravel/stiff clay	128	dB	90 min	1.5	—	82	dB	
90	15	0.45 dia.		Lorry-mounted auger: donkey engine in acoustic enclosure	90 kW	None	Sand/gravel/clay	109	dB	55 min	100	—	81	dB	
91	20	0.6 dia.		Crane-mounted auger: donkey engine in acoustic enclosure	90 kW	None	Fill/clay	113	dB	75 min	100	—	85	dB	
92a)	25	0.9 dia.		Crane-mounted auger	90 kW	None	Fill/clay	114	dB	3 h	95	—	86	dB	
92b)	25	0.9 dia.		Crane-mounted auger: Kelly bar clanging	90 kW	None	Fill/clay	122	dB	3 h	3	—	79	dB	

BRITISH STANDARD

BS 5228-1:2009



Table D.4 Historic sound level data on piling: piling operations (continued)

Ref	Pile no.	Depth	Width	Method	Energy, power rating	Dolly	Sound level	Soil	Cycle time	On-time	Activity	equivalent sound pressure level at 10 m (one cycle)
93	30	1.05 dia.		Crane-mounted auger	120 kW	None	89	Ballast/clay	5 h	100		89
94a)	24	2.1 dia.		Crane-mounted auger and drilling bucket; pile bored under bentonite	110 kW	None	81	Alluvia/sands/clay	2 days	50		81
94b)	24	2.1 dia.		Crane-mounted auger and drilling bucket; kelly bar clanging	110 kW	None	76	Alluvia/sands/clay	2 days	2		76
95	40	1.2 dia.		Crane-mounted auger and drilling bucket; pile bored under bentonite	120 kW	None	86	Sands/boulder clay/marl	2 days	50		86
96	20	0.9 dia.		Lorry-mounted auger	110 kW	None	87	Fillsand/gravel/clay	3 h	100		87
97	20	1.2 dia.		Lorry-mounted auger	110 kW	None	84	Fillsand/gravel/clay	6 h	100		84
98	11	0.45 dia.		Crane-mounted leaders with continuous flight auger; cement grout injected through hollow stem of auger. Engine/power pack partially enclosed acoustically	90 kW	None	80	Alluvium	30 min	50		80
99	15	0.35 dia.		Crane-mounted continuous flight auger rig; concrete injected through hollow stem of auger. Engine/power pack partially enclosed acoustically	90 kW	None	77	Sands and silts	30 min	50		77
100	12	0.45 dia.		Crane-mounted continuous flight auger rig; concrete injected through hollow stem of auger. Engine/power pack partially enclosed acoustically	100 kW	None	78	Gravels overlying chalk	30 min	50		78

BRITISH STANDARD

BS 5228-1:2009

Table D.4 Historic sound level data on piling: piling operations (continued)

Ref no.	Pile	Depth	Width	Method	Energy, power rating	Dolly	Sound power level	Soil	Cycle time	On-time	Activity	equivalent sound pressure level L_{eq} at 10 m (one cycle)
		m	m				dB		%			dB
101	25	1.0 x 4.0		Crane-mounted hydraulically operated trenching grab guided by kelly bar	90 kW	None	114	Sands and gravels overlying chalk	12 h	100	86	
102	25	1.0 x 4.0		Crane-mounted hydraulically operated trenching grab guided by kelly bar	90 kW	None	116	Sands and gravels overlying chalk	12 h	100	86	
103	25	1.0 x 4.5		Crane-mounted rope operated trenching grab	8 t, 10 m drop	None	113	Sands and gravels overlying clay	10 h	80	84	
Vibroreplacement/Vibrodisplacement												
104a)	4	0.5 dia. approx.		Stone column formation by crane-mounted hydraulically powered vibrating poker, compressed air flush, nose cone air jets exposed	90 kW	None	110	Miscellaneous fill	15 min	80	81	
104b)	4	0.5 dia. approx.		Stone column formation by crane-mounted hydraulically powered vibrating poker, compressed air flush, nose cone air jets exposed	90 kW	None	117	Miscellaneous fill	15 min	20	82	
105a)	—	2.4 x 2.4		Tamping weight raised by large crawler crane	120 kW	None	114	Made ground and fill	10 min	80	85	
105b)	—	2.4 x 2.4		Tamping weight released by crane: impact of weight	20 t, 20 m drop	None	125	Made ground and fill	1 drop	1.5	79	
106a)	—	2.4 x 2.4		Tamping weight raised by large crawler crane	120 kW	None	110	Made ground and fill	10 min	80	81	
106b)	—	2.4 x 2.4		Tamping weight released by crane: impact of weight	20 t, 20 m drop	None	122	Made ground and fill	1 drop	1.5	76	



Table D.4 Historic sound level data on piling: piling operations (continued)

Ref no.	Pile	Depth	Width ²	Method	Energy, power rating	Dolly	Soil	Sound power level ³	Cycle time	On-time	Activity
Installation of vertical band drains											
		m	m					dB		%	dB
107a)	7	0.1		Hydraulic vibratory lance starting up	50 kW	None	Sandy silty fill		5 min	1	65
107b)	7	0.1		Hydraulic vibratory lance installing band drain	50 kW	None	Sandy silty fill		5 min	70	76
107c)	7	0.1		Hydraulic vibratory lance being extracted	50 kW	None	Sandy silty fill		5 min	15	79
80											

NOTE 1 Energy and power relationship: 1 kgf m = 9.81 joules (J).

NOTE 2 1 t dropped 1 m = 9.81 kJ = 9.81 kN m; 1 kW = 10³ J/s = 1 kJ/s.

NOTE 3 Depths, cycle times where quoted and on-times are typical for specific cases but can vary considerably according to ground and other conditions.

A_1 dia. = diameter; sq. = square section.

Table D.5 Historic sound level data on piling: ancillary operations

Ref. no	Equipment	Power rating	Equipment size, weight (mass), capacity	Sound power level L _{WA}	On-time	Activity	Equivalent continuous sound pressure level L _{eq} at 10 m
		kW	kg	dB	%		dB
48	Cleaning welds on piles	—	4	116	100	Pneumatic chipping hammer	88
49	Shaping top of bored pile for fitting concrete cap	—	11 each	119	30	Pneumatic chipping hammer (2)	86

Table D.6 Historic sound level data on concreting operations

Ref. no	Equipment	Power rating	Equipment size, weight (mass), capacity	Sound power level L _{WA}	Activity	Equivalent continuous sound pressure level L _{eq} at 10 m
		kW		dB		dB
1	Concrete mixer	1.1	0.1 m ³	92	0.1 m ³	64
2		1.1	0.1 m ³	100	0.1 m ³	72
3		2	0.14 m ³	89	0.14 m ³	61
4		2	0.14 m ³	91	0.14 m ³	63
5		4.1	0.14 m ³	102	0.14 m ³	74
6		4.1	0.2 m ³	99	0.2 m ³	71
7		4.1	0.3 m ³	104	0.3 m ³	76
8		—	0.4 m ³	90	0.4 m ³	62
9		—	19 m ³ /h	104	19 m ³ /h	76
10		—	27 m ³ /h	106	27 m ³ /h	78
11	Batching plant	—	360 m ³ /day	108	360 m ³ /day	80
12		—	6 m ³	112	6 m ³	84~
13	Mixing and pumping grout	34	—	108	—	80
14	Pneumatic hammer fitted with attachment for piling reinforcement	—	15 kg	118	—	90
15	Pumping concrete into bored pile	22~	—	109	—	81
16	Lorry mounted concrete pump	130	—	109	—	81



7.3 ANEXO 3. VALORES DE LAS MEDICIONES REALIZADAS

PUNTO 1, EMISOR

Diurno											
Leg											
Frecuencia en Hz											
Horario		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
09:45 a.m.	-	62,8	63,1	59,3	52,7	57,0	59,4	49,0	45,6	43,0	44,3
10:45 a.m.	-	63,6	63,2	59,0	52,6	55,5	57,4	48,7	45,1	43,0	44,3
11:45 a.m.	-	63,6	65,4	59,0	52,6	54,7	56,2	48,7	46,5	43,0	44,3
12:45 p.m.	-	63,6	65,0	59,2	52,6	54,2	55,4	48,6	46,3	43,0	44,3
01:45 p.m.	-	63,8	65,2	60,0	53,0	54,2	55,0	48,6	46,1	42,9	44,3
02:45 p.m.	-	64,1	65,3	60,2	53,7	54,2	54,7	48,8	40,1	43,3	44,4
03:45 p.m.	-	64,5	65,3	60,6	54,7	54,6	54,9	50,1	47,3	43,9	44,5
04:45 p.m.	-	64,9	65,4	61,1	56,1	55,7	55,7	51,8	48,8	44,9	44,7
05:45 p.m.	-	63,9	64,8	59,9	53,7	55,1	56,4	49,4	46,2	43,4	44,4
Promedio		63,9	64,8	59,9	53,7	55,1	56,4	49,4	46,2	43,4	44,4
Promedio		68,8	68,8	68,6	68,6	68,8	68,8	68,8	68,8	68,8	68,8

Diurno											
Lmin											
Horario	Frecuencia en Hz										Promedio
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000	
09:45 a.m. - 10:45 a.m.	49,7	52,0	50,0	46,2	47,4	45,5	40,6	38,4	40,6	43,7	57,3
10:45 a.m. - 11:45 a.m.	49,7	52,0	50,8	46,2	47,4	45,5	40,6	38,4	40,4	43,7	57,5
11:45 a.m. - 12:45 p.m.	49,7	51,9	50,8	46,2	47,4	45,5	40,5	38,1	40,3	43,7	57,4
12:45 p.m. - 01:45 p.m.	49,7	51,4	50,3	46,2	47,2	45,0	40,0	38,2	40,3	43,7	57,1
01:45 p.m. - 02:45 p.m.	49,7	51,4	50,3	46,2	47,0	45,0	40,0	38,2	40,3	43,7	57,1
02:45 p.m. - 03:45 p.m.	49,7	51,4	50,3	46,2	47,0	45,0	39,9	38,2	40,3	43,7	57,1
03:45 p.m. - 04:45 p.m.	49,7	51,4	50,3	45,5	47,0	43,9	39,9	38,1	40,3	43,7	57,0
04:45 p.m. - 05:45 p.m.	49,7	51,4	50,3	45,5	47,0	43,9	39,9	38,1	40,3	43,7	57,0
Promedio	49,7	51,6	50,4	46,0	47,2	45,0	40,2	38,2	40,4	43,7	57,2



Diurno											
Lmax											
Frecuencia en Hz											
Horario		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
09:45 a.m.	-	76,4	80,9	79,0	73,3	84,2	90,8	67,9	63,6	59,4	55,6
10:45 a.m.	-	79,4	80,9	79,0	73,3	84,2	90,8	67,9	70,6	59,4	55,6
11:45 a.m.	-	83,9	94,0	79,0	73,3	84,2	90,8	72,1	70,6	59,4	55,6
12:45 p.m.	-	83,9	94,0	82,6	73,3	84,2	90,8	72,1	70,6	60,3	55,7
01:45 p.m.	-	87,6	94,0	84,2	75,9	84,2	90,8	72,1	71,7	60,3	55,7
02:45 p.m.	-	87,6	94,0	84,2	75,9	84,2	90,8	72,1	71,7	60,3	55,7
03:45 p.m.	-	89,9	94,3	85,9	85,2	84,2	90,8	72,2	71,7	72,0	59,7
04:45 p.m.	-	89,9	94,3	85,9	85,2	84,2	90,8	72,2	71,7	72,0	59,7
05:45 p.m.	-	92,6	94,3	86,5	85,2	84,2	90,8	73,3	72,8	72,0	66,2
Promedio		87,9	93,0	83,8	81,5	84,2	90,8	71,6	71,0	68,2	59,9
Promedio		96,5									



Diurno	
L90	
Horario	Promedio
09:45 a.m.	-
10:45 a.m.	-
11:45 a.m.	-
12:45 p.m.	-
12:45 p.m.	-
01:45 p.m.	-
02:45 p.m.	-
03:45 p.m.	-
04:45 p.m.	-
05:45 p.m.	-
Promedio	
	52,6



Diurno	
L10	
Horario	Promedio
09:45 a.m.	-
10:45 a.m.	-
11:45 a.m.	-
12:45 p.m.	-
01:45 p.m.	-
02:45 p.m.	-
03:45 p.m.	-
04:45 p.m.	-
05:45 p.m.	-
Promedio	
	60,0



PUNTO 2, RECEPTOR

Diurno											
Leg											
Horario	Frecuencia en Hz										
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000	Promedio
09:45 a.m. -	61,4	61,3	57,8	52,4	53,9	54,7	48,4	46,1	44,7	44,4	66,2
10:45 a.m. -	61,9	61,5	57,5	52,4	52,5	53,2	47,8	45,3	49,0	44,3	66,3
11:45 a.m. -	61,9	62,6	57,6	62,3	52,0	52,3	47,3	45,3	43,6	44,2	67,9
12:45 p.m. -	62,1	62,4	57,5	52,3	51,7	51,9	48,1	47,0	43,9	44,2	66,6
01:45 p.m. -	62,5	63,6	58,0	53,0	51,8	51,8	48,2	46,8	43,9	44,2	67,3
02:45 p.m. -	63,1	63,8	58,5	53,6	52,0	51,7	48,3	46,9	44,5	44,4	67,7
03:45 p.m. -	63,6	63,8	59,2	54,8	52,8	52,8	50,0	48,0	45,0	44,5	68,1
04:45 p.m. -	64,0	63,9	59,8	55,8	53,5	53,7	51,6	49,2	45,9	44,7	68,5
05:45 p.m. -	62,6	63,0	58,3	56,2	52,6	52,9	48,9	47,0	45,4	44,4	67,4
Promedio											



Durmo

Lmin

Horario	Frecuencia en Hz									
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
09:45 a.m.	-	48,6	50,9	46,9	46,1	45,5	40,0	38,0	40,4	43,6
10:45 a.m.	-	48,9	50,9	46,9	46,1	45,5	40,0	38,0	40,4	43,6
11:45 a.m.	-	48,9	50,8	46,9	46,1	44,8	40,0	38,0	40,4	43,5
12:45 p.m.	-	48,9	50,8	46,9	46,1	44,8	39,9	37,9	40,4	43,5
01:45 p.m.	-	48,9	50,8	46,9	46,1	44,8	39,9	37,9	40,4	43,5
02:45 p.m.	-	48,9	50,8	46,9	46,9	44,8	39,9	37,9	40,4	43,5
03:45 p.m.	-	47,8	50,8	46,9	46,1	44,8	39,8	37,8	40,4	43,5
04:45 p.m.	-	47,8	50,8	46,6	45,8	44,8	39,8	37,8	40,4	43,5
05:45 p.m.	-	47,8	50,8	46,6	45,8	44,8	39,8	37,8	40,4	43,5
Promedio	48,5	50,8	50,4	46,9	46,7	45,0	39,9	37,9	40,4	43,5
Promedio	56,8									



Diurno													
Lmax													
Frecuencia en Hz													
Promedio													
Horario			31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000	Promedio
09:45 a.m.	-	10:45 a.m.	74,7	78,7	78,6	67,4	81,3	83,2	68,1	65,9	66,9	60,6	87,3
10:45 a.m.	-	11:45 a.m.	74,7	78,7	78,6	67,4	81,3	83,2	68,1	66,9	66,9	60,6	87,3
11:45 a.m.	-	12:45 p.m.	85,9	88,7	78,6	67,4	81,3	83,2	68,1	69,5	66,9	60,6	92,0
12:45 p.m.	-	01:45 p.m.	85,9	88,7	81,4	67,8	81,3	83,2	74,6	70,7	66,9	62,1	92,2
01:45 p.m.	-	02:45 p.m.	90,5	91,8	81,4	79,1	83,2	83,2	74,6	74,6	66,9	63,0	95,2
02:45 p.m.	-	03:45 p.m.	90,5	91,8	85,1	82,1	81,3	83,2	74,6	70,9	69,4	70,4	95,5
03:45 p.m.	-	04:45 p.m.	90,5	91,8	85,1	82,1	81,3	83,2	74,6	70,9	69,4	70,5	95,5
04:45 p.m.	-	05:45 p.m.	94,0	91,8	85,1	82,1	81,3	83,2	74,6	70,9	77,4	70,5	97,0
Promedio			89,2	89,8	82,6	78,7	81,6	83,2	73,1	70,8	70,8	67,0	93,9

Diurno	
L90	
Horario	Promedio
09:45 a.m.	-
10:45 a.m.	-
11:45 a.m.	-
12:45 p.m.	-
01:45 p.m.	-
02:45 p.m.	-
03:45 p.m.	-
04:45 p.m.	-
05:45 p.m.	-
Promedio	



Diurno	
L10	
Horario	Promedio
09:45 a.m. - 10:45 a.m.	58,0
10:45 a.m. - 11:45 a.m.	57,4
11:45 a.m. - 12:45 p.m.	57,1
12:45 p.m. - 01:45 p.m.	57,6
01:45 p.m. - 02:45 p.m.	57,9
02:45 p.m. - 03:45 p.m.	58,0
03:45 p.m. - 04:45 p.m.	60,5
04:45 p.m. - 05:45 p.m.	62,4
Promedio	59,0



Valores obtenidos de Leq (dBA)

Punto 1 Receptor							
Diurno							
64,8	59,9	53,7	55,1	56,4	49,4	46,2	43,4
63 Hz.-1	125 Hz.-1	250 Hz.-1	500 Hz.-1	1k Hz.-1	2k Hz.-1	4kHz.-1	8k Hz.-1

Punto 2 Receptor							
Diurno							
63,0	58,3	56,2	52,6	52,9	48,9	47,0	45,4
63 Hz.-1	125 Hz.-1	250 Hz.-1	500 Hz.-1	1k Hz.-1	2k Hz.-1	4kHz.-1	8k Hz.-1

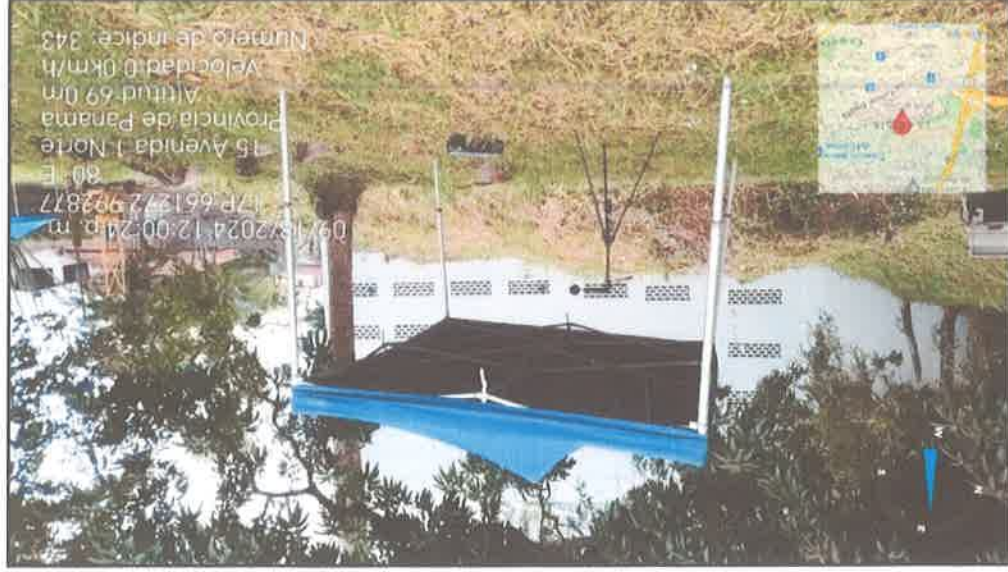


7.4 ANEXO 4. VALORES GUÍAS PARA EL RUIDO URBANO EN AMBIENTES ESPECÍFICOS

Norma aplicable	
1. Decreto Ejecutivo No. 1 del 15 de enero de 2004 del Ministerio de Salud, por el cual se determina los niveles de ruido, para las áreas residenciales e industriales 2. Decreto Ejecutivo No. 306 del 4 de septiembre de 2002 del Ministerio de Salud, por el cual adopta el reglamento para el control de los ruidos en espacios públicos, áreas residenciales o de habitación, así como en ambientes laborales	1. Según Decreto Ejecutivo No.1 de 2004: Diurno: 60 dBA (de 6:00 a.m. hasta 9:59 p.m.) Nocturno: 50 dBA (de 10:00 p.m. hasta 5:59 a.m.) 2. Según Decreto Ejecutivo No.306 de 2002: <u>Artículo 9:</u> Cuando el ruido de fondo o ambiental en las fábricas, industrias, talleres, almacenes, o cualquier otro establecimiento o actividad permanente que genere ruido, supere los niveles sonoros mínimos de este reglamento se evaluará así: Para áreas residenciales o vecinas a estas, no se podrá elevar el ruido de fondo o ambiental de la zona. Para áreas industriales y comerciales, sin perjuicio de residencias, se permitirá solo un aumento de 3 dB en la escala A sobre el ruido de fondo o ambiental. Para áreas públicas, sin perjuicio de residencias, se permitirá un incremento de 5 dB, en la escala A, sobre el ruido de fondo o ambiental.



7.5 ANEXO 5. FOTOS DE LAS MEDICIONES



Punto 1: Emisor 1

Ubicación		Altura, msnm
661279,00 m E		992886,00 m N
		74 m

DF

Handwritten mark: a circle containing the number 70.



Punto 2: Receptor 1

Ubicación		Altura, msnm
661311,00 m E	992869,00 m N	74 m

7.6 ANEXO 6. CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN



ITS Technologies

PSC-02 CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN v.0

Calibration Certificate

Certificado No: 204-2023-257 v.0

Datos de Referencia	Cliente: EnviroLAB	Calibrador: EnviroLAB	Usuario final del certificado: EnviroLAB
Datos del Equipo Calibrado	Instrumento: Sonómetro	Instrumento: Larson Davis	Modelo: LXT
Identificación: ICPA 243	Valid Thru: 2024-06-03	Fecha de recepción: 2023-06-01	Fecha de calibración: 2023-06-04
Condiciones del Instrumento: ver inciso f) en Página 4.	Resultados: ver inciso e) en Página 2.	Resultados: ver inciso c) en Página 2.	Preparación date of the certificate: 2023-06-06
Factores: ver inciso b) en Página 2.	Procedimiento/método utilizado: Ver inciso a) en Página 2.	Uncertainty: See Section d) on Page 3.	Serial number: 7240
Environmental conditions of measurement:	Initial: 22.22	Final: 22.04	Humidity (H₂O): 61.8
			Pressure Atmosférica (mbar): 1005
			1005

Calibrado por: Elizabeth Cedeño

Revisado / Aprobado por: Ruben R. Rios R.

Técnico de Calibración:

Director Técnico del Laboratorio:

Este certificado documenta la conformidad de los patrones de referencia. Los valores reportados en las unidades de medida en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Este certificado no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización escrita de ITS Technologies, S.A.

Los resultados emitidos en este certificado se refieren únicamente al objeto bajo intervención, el momento y condiciones en las que se realizaron las mediciones. ITS Technologies, S.A. no se responsabiliza por los resultados que puedan derivarse del uso inadecuado de los datos bajo observación o de este certificado.

El certificado no es válido en las formas de autorización. ITS Technologies, S.A.

Universidad Chiriquí, Calle 6da Sur - Casa 145, edificio J Corp
 Tel: (507) 222-2253, 329-1500 Fax: (507) 224-4007
 Apedado Postal 0842-01133 Reg. de Panamá
 E-mail: calibraciones@itscero.com

b) Patrones o Modelos de Referencia:

El método de calibración de los medidores de Ruido, se realiza por el Método de Comparación directa contra Patrones de Referencia Calibrados

(b) (5) ACP

[illegible]

(c) Results:

[illegible]



Pruebas realizadas para verificación de calibración de la balanza									
Calibration Certificate									
FSC-02 CERTIFICADO DE CALIBRACION V.0									
Frecuencia	Medida	Margen inferior	Margen superior	Resultado	Error	Incertidumbre	Exp (U=95 %, k=2)	Unidad	
12.5 Hz	114.0	113.8	114.2	114.0	113.9	-0.1	0.06	dB	
16 Hz	114.0	113.8	114.2	114.0	114.0	0.0	0.06	dB	
20 Hz	114.0	113.8	114.2	114.0	114.0	0.0	0.06	dB	
25 Hz	114.0	113.8	114.2	114.0	114.0	0.0	0.06	dB	
31.5 Hz	114.0	113.8	114.2	114.0	114.0	0.0	0.06	dB	
400 Hz	114.0	113.8	114.2	114.0	114.0	0.0	0.06	dB	
500 Hz	114.0	113.8	114.2	114.0	114.0	0.0	0.06	dB	
630 Hz	114.0	113.8	114.2	114.0	114.0	0.0	0.06	dB	
800 Hz	114.0	113.8	114.2	114.0	114.0	0.0	0.06	dB	
1 kHz (ref.)	114.0	113.8	114.2	114.0	114.0	0.0	0.06	dB	
1.25 kHz	114.0	113.8	114.2	114.0	114.0	0.0	0.06	dB	
1.6 kHz	114.0	113.8	114.2	114.0	114.0	0.0	0.06	dB	
2 kHz	114.0	113.8	114.2	114.0	114.0	0.0	0.06	dB	
2.5 kHz	114.0	113.8	114.2	114.0	114.0	0.0	0.06	dB	
3.15 kHz	114.0	113.8	114.2	114.0	114.0	0.0	0.06	dB	
4 kHz	114.0	113.8	114.2	114.0	114.0	0.0	0.06	dB	
5 kHz	114.0	113.8	114.2	114.0	114.0	0.0	0.06	dB	
6.3 kHz	114.0	113.8	114.2	114.0	114.0	0.0	0.06	dB	
8 kHz	114.0	113.8	114.2	114.0	114.0	0.0	0.06	dB	
10 kHz	114.0	113.8	114.2	114.0	114.0	0.0	0.06	dB	
12.5 kHz	114.0	113.8	114.2	114.0	113.9	-0.1	0.06	dB	
16 kHz	114.0	113.8	114.2	114.0	113.9	-0.1	0.06	dB	
20 kHz	114.0	113.8	114.2	114.0	113.9	-0.1	0.06	dB	

284-2023-257 V.0

La estimación de la incertidumbre asociada a la calibración de medidores de ruido (sonómetros) se realiza con base en los lineamientos presentados en la Guía para la estimación de la incertidumbre GUM.

La incertidumbre expandida se obtuvo multiplicando la incertidumbre estándar por un factor de cobertura ($k = 2$) que asegura el nivel de confianza al menos 95%.

$U(C_i) = k \cdot u(C_i)$

El valor de incertidumbre de la medición mostrado no incluye las contribuciones por estabilidad a largo plazo, deriva y linealidad del instrumento calibrado.

ITS Technologies
PSC-02 CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN v.0
Calibration Certificate

e) Observaciones:
El sitio certificado salvaguarda los resultados de las mediciones reportadas, por el momento y en las condiciones ambientales al momento de la calibración.
El sitio certificado garantiza la validez de la calibración a solicitud del cliente.
Se realiza ajuste del equipo de acuerdo a lo recomendado por el fabricante en su manual de Usuario.

f) Condiciones del Instrumento:
N/A

g) Referencias:
Los equipos de medición incluyen sondas en cumplimiento con la norma IEC 6172-1 (clase 1 0.2) en cumplimiento con la norma IEC 61700 (Conductors de aceros de banda y fricciones de aceros)

FIN DEL CERTIFICADO

284-2023-257 v.0



Datos de Referencia
 Cliente: EnvirolAB
 Usuario final del certificado: EnvirolAB
 Certificado a and user: EnvirolAB
 Dirección: Urbanización Chama, Vía Principal, Edificio J Tres, N°146
 Lugar de calibración: CALTECH
 Instrumento: Sonómetro
 Fecha de recepción: 2024-04-06
 Fecha de calibración: 2024-04-07
 Modelo: SoundExpert LxT
 No. Identificación: ICPA176
 ID number: ICPA176
 Condiciones del instrumento: ver inciso f) en Página 4.
 Instrument Condition: See Section f) on Page 4.
 Resultados: ver inciso c) en Página 2.
 Results: See Section c) on Page 2.
 Fecha de emisión del certificado: 2024-04-20
 Preparation date of the certificate: 2024-04-20
 Ver inciso a) en Página 2.
 See Section a) on Page 2.
 Procedimiento usado:
 Procedure/method used:
 Ver inciso a) en Página 2.
 See Section a) on Page 2.

Procesos:	Serial number	Estándar:	Linealidad:	Entorno/ambiental conditions of measurement	Final	Humedad Relativa (%):	Presión Atmosférica (mbar):
ver inciso b) en Página 2.	0009071	See Section b) on Page 2.	ver inciso d) en Página 3.	Initial	21.90	61.1	1014
					22.20	61.2	1013.1

Cabrado por: Danilo Ramos M. *Daniela Ramos M.*
Revisado / Aprobado por: Rubén R. Rojas R. *Rubén R. Rojas R.*
 Director Técnico del Laboratorio

Este certificado documenta la conformidad de los patrones de medición, los cuales representan las unidades de medida en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
 This certificate documents the conformity of the measurement standards, which represent the units of measurement in accordance with the International System of Units (SI).
 Este certificado no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización escrita de ITS Technologies, S.A.
 This certificate may not be reproduced partially without written authorization of ITS Technologies, S.A.
 El certificado no es válido sin las firmas de autorización, ITS Technologies, S.A.
 The certificate is not valid without the signatures of authorization, ITS Technologies, S.A.
 ITS Technologies, S.A. no se responsabiliza por los perjuicios que puedan derivarse del uso no autorizado de los datos bajo observación o de este certificado.
 ITS Technologies, S.A. is not responsible for the damages that may arise from the unauthorized use of the data under observation or of this certificate.
 Los resultados obtenidos en este laboratorio son válidos únicamente si se cumplen las condiciones de calibración y mantenimiento en las que se realizaron las mediciones. (13)
 The results obtained in this laboratory are valid only if the calibration and maintenance conditions in which the measurements were made are met. (13)

a) Procedimiento y Método de Calibración:

El método de calibración de los medidores de ruido, se realiza por el método de Comparación directa contra Patrones de Referencia Calibrados.
Esta instrumenta ha sido calibrado segundo los lineamientos del PFC-10 PROCEIMIENTO DE CALIBRACION DE EQUIPO A DE II SECCION DE RUIDO (BONDIA TMO 8).

b) Patrones o Materiales de Referencia:

Instrumento	Número de Serie	Última Calibración	Próxima Calibración	Procedimiento
Instrumento	Sound Number	last calibration	Next calibration	Procedure
Generador de Sonido	BCH060002	2023-abr-11	2024-abr-10	TSI / n2La
Calibrador Acústico B&K	2512966	2023-abr-17	2024-abr-16	Scanlab / NVA AP
Calibrador Acústico Cinesa Cal	KCF070002	2023-abr-12	2024-abr-11	TSI / n2La
Generador de Frecuencias	42508	2022-dic-07	2024-dic-06	916 / NIST
Terminador pasivo	20781578	2023-jul-24	2024-jul-23	Manufacturer

c) Resultados:

Pruebas realizadas con ruido de referencia									
Frecuencia	Normal	Margin inferior	Margin Superior	Rechazo	Excedido	Error	Incertidumbre	Unidad	
1 kHz	90.0	89.5	90.5	90.5	90.2	0.20	0.06	dB	
1 kHz	100.0	99.5	100.5	100.5	100.1	0.10	0.06	dB	
1 kHz	110.0	109.5	110.5	110.5	110.0	0.03	0.05	dB	
1 kHz	120.0	119.8	120.2	120.5	120.4	0.00	0.06	dB	
Pruebas realizadas variando la frecuencia a una velocidad superior de 11.0 dB									
Frecuencia	Normal	Margin inferior	Margin Superior	Rechazo	Excedido	Error	Incertidumbre	Unidad	
125 Hz	87.8	96.9	98.9	97.9	87.8	-0.1	0.06	dB	
250 Hz	105.4	106.4	106.4	105.6	105.3	-0.1	0.06	dB	
500 Hz	110.8	109.8	111.8	111.1	110.8	0.0	0.06	dB	
1 kHz	114.0	113.8	114.2	114.4	114.0	0.0	0.06	dB	
2 kHz	115.2	114.2	116.2	115.2	115.0	-0.2	0.06	dB	
Pruebas realizadas para octave de banda									
Frecuencia	Normal	Margin inferior	Superior	Rechazo	Excedido	Error	Incertidumbre	Unidad	
10 Hz	114.0	113.0	114.2	113.9	114.0	0.0	0.00	dB	
31.5 Hz	114.0	113.0	114.2	113.9	114.0	0.0	0.00	dB	
63 Hz	114.0	113.0	114.2	113.9	114.0	0.0	0.00	dB	
125 Hz	114.0	113.0	114.2	113.9	114.0	0.0	0.00	dB	
250 Hz	114.0	113.0	114.2	113.9	114.0	0.0	0.00	dB	
500 Hz	114.0	113.0	114.2	113.9	114.0	0.0	0.00	dB	
1 kHz	114.0	113.0	114.2	113.9	114.0	0.0	0.00	dB	
2 kHz	114.0	113.0	114.2	113.9	114.0	0.0	0.00	dB	
4 kHz	114.0	113.0	114.2	113.9	114.0	0.0	0.00	dB	
8 kHz	114.0	113.0	114.2	113.9	114.0	0.0	0.00	dB	
16 kHz	114.0	113.0	114.2	113.9	114.0	0.0	0.00	dB	



Frecuencia Horizontal Margen Inferior Margen Superior Nivelado Entregado Error Incertidumbre Exp. (U=95 %, k=2) (mrad)

12 Hz	114.0	113.8	114.2	113.9	114.0	0.0	0.00
16 Hz	114.0	113.8	114.2	113.9	114.0	0.0	0.00
20 Hz	114.0	113.8	114.2	113.9	114.0	0.0	0.00
25 Hz	114.0	113.8	114.2	113.9	114.0	0.0	0.00
31.5 Hz	114.0	113.8	114.2	113.9	114.0	0.0	0.00
40 Hz	114.0	113.8	114.2	113.9	114.0	0.0	0.00
50 Hz	114.0	113.8	114.2	113.9	114.0	0.0	0.00
63 Hz	114.0	113.8	114.2	113.9	114.0	0.0	0.00
80 Hz	114.0	113.8	114.2	113.9	114.0	0.0	0.00
100 Hz	114.0	113.8	114.2	113.9	114.0	0.0	0.00
125 Hz	114.0	113.8	114.2	113.9	114.0	0.0	0.00
160 Hz	114.0	113.8	114.2	113.9	114.0	0.0	0.00
200 Hz	114.0	113.8	114.2	113.9	114.0	0.0	0.00
250 Hz	114.0	113.8	114.2	113.9	114.0	0.0	0.00
315 Hz	114.0	113.8	114.2	113.9	114.0	0.0	0.00
400 Hz	114.0	113.8	114.2	113.9	114.0	0.0	0.00
500 Hz	114.0	113.8	114.2	113.9	114.0	0.0	0.00
630 Hz	114.0	113.8	114.2	113.9	114.0	0.0	0.00
800 Hz	114.0	113.8	114.2	113.9	114.0	0.0	0.00
1 kHz (ref.)	114.0	113.8	114.2	113.9	114.0	0.0	0.00
1.25 kHz	114.0	113.8	114.2	113.9	114.0	0.0	0.00
1.6 kHz	114.0	113.8	114.2	113.9	114.0	0.0	0.00
2 kHz	114.0	113.8	114.2	113.9	114.0	0.0	0.00
2.5 kHz	114.0	113.8	114.2	113.9	114.0	0.0	0.00
3.15 kHz	114.0	113.8	114.2	113.9	114.0	0.0	0.00
4 kHz	114.0	113.8	114.2	113.9	114.0	0.0	0.00
5 kHz	114.0	113.8	114.2	113.9	114.0	0.0	0.00
6.3 kHz	114.0	113.8	114.2	113.9	114.0	0.0	0.00
8 kHz	114.0	113.8	114.2	113.9	114.0	0.0	0.00
10 kHz	114.0	113.8	114.2	113.9	114.0	0.0	0.00
12.5 kHz	114.0	113.8	114.2	113.9	114.0	0.0	0.00
16 kHz	114.0	113.8	114.2	113.9	114.0	0.0	0.00
20 kHz	114.0	113.8	114.2	113.9	114.0	0.0	0.00

El Incertidumbre:

La estimación de la incertidumbre asociada a la calibración de medidores de ruido (Soundmeters) se realiza con base en los lineamientos publicados por la CUNA para la estimación de la incertidumbre GLM

La incertidumbre expandida se obtuvo multiplicando la incertidumbre estándar por un factor de cobertura (k = 2) que asegura el nivel de confianza al menos 95%.

$$U(C_i) = k \cdot u(C_i)$$

El valor de Incertidumbre de la medición mostrado no incluye las contribuciones por estabilidad a largo plazo, deriva y transporte del instrumento calibrado.

201-2024-041 V.0

182

g) Observaciones:

Este certificado subsecuente los resultados de las mediciones reportadas, en el momento y en las condiciones ambientales al momento de la calibración.

Este certificado cuenta con una vigencia de calibración a solicitud del cliente.

Se realizó ajuste del equipo de acuerdo a lo recomendado por el fabricante en su manual de Usuario.

h) Condiciones del instrumento:

N/A

i) Referencias:

Los equipos de medición incluyen sondas en cumplimiento con la norma IEC 61072-1 (clase 1 o 2) en cumplimiento con la norma IEC 61280 (con flujos de salida de banda y fracciones de octava).

FIN DEL CERTIFICADO

204-2024-011 v.0



a) Procedimiento o Método de Calibración:

El método de calibración de los medidores de ruido se realiza por el Método de Comparación directa contra Patrones de Referencia Certificadas.

Este Instrumento ha sido calibrado siguiendo los lineamientos del PTC-08 PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS DE MEDICIÓN DE RUIDO (P131070) CALIBRADORA V.A.

b) Patrones o Materiales de Referencia:

Instrumento	Modelo	Fecha de Emisión	Fecha de Caducidad	Procedimiento
Medidor de Nivel de Ruido	Modelo 1000	2023-01-10	2024-01-10	Procedimiento de Calibración
Medidor de Nivel de Ruido	Modelo 1000	2023-01-10	2024-01-10	Procedimiento de Calibración
Medidor de Nivel de Ruido	Modelo 1000	2023-01-10	2024-01-10	Procedimiento de Calibración

c) Resultados:

Prueba de Amplitud		Prueba de Frecuencia		Prueba de Frecuencia	
Frecuencia	Resultado	Frecuencia	Resultado	Frecuencia	Resultado
1 Hz	100.0	1 Hz	94.5	250 Hz	100.0
10 Hz	100.0	10 Hz	94.5	500 Hz	100.0
100 Hz	100.0	100 Hz	94.5	1000 Hz	100.0
1000 Hz	100.0	1000 Hz	94.5	2000 Hz	100.0
2000 Hz	100.0	2000 Hz	94.5	5000 Hz	100.0
5000 Hz	100.0	5000 Hz	94.5	10000 Hz	100.0
10000 Hz	100.0	10000 Hz	94.5		

d) Incertidumbre:

La estimación de la incertidumbre asociada a la calibración del detector de gases se realiza en base en los lineamientos presentados en la Guía para la estimación de la incertidumbre GUM.

La incertidumbre expandida se obtiene multiplicando la incertidumbre estándar por un factor de cobertura $k = 2$ que asegura el nivel de confianza al menos 95%.

$$U(C_i) = k \cdot u(C_i)$$

El valor de la incertidumbre de la medición mostrado no incluye las contribuciones por estabilidad a largo plazo, deriva y transporte del instrumento calibrado.



Carbon Dioxide

Q. What is the purpose of the test?

© 2006 Blackwell Publishing Ltd, *Journal of Internal Medicine* 260: 459–466

Este certificado cuenta con una vigencia de calibración a solicitud del cliente

Se realizó ajuste del equipo de acuerdo a lo recomendado por el fabricante en su manual de Usuario

Condiciones del instrumento

WIN

(g) References:

(Z 1 Y Z)

PIN DEL CERTIFICADO

204-2024-012 v.0

