



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ACÚSTICA EN INSTALACIONES DE REGULACIÓN Y MEDIDA DE GASODUCTO

ENAGÁS TRANSPORTE, S.A.U.

Trabajo Fin de Máster

Autor: Alejandro Amor Correa

01/12/2018

Tutor de Empresa: Cesar Andrés Martínez

Tutor Académico: Manuel San Juan Blanco



MÁSTER OFICIAL EN GESTIÓN DE LA PREVENCIÓN DE RIESGOS
LABORALES, CALIDAD Y MEDIO AMBIENTE.

Resumen

El presente Trabajo Fin de Master recoge el estudio medioambiental de contaminación acústica, correspondiente a tres instalaciones que pertenecen a la empresa Enagás Transporte, S.A.U. cuya función principal es el mantenimiento de la red nacional de gasoductos. Para la elaboración de dicho estudio he colaborado con el Técnico de PMAC (Prevención de Riesgos Laborales, Calidad y Medio Ambiente) de la empresa.

Palabras Clave: Gas Natural, Valores Límites de Inmisión, niveles de inmisión, fuentes de ruido, receptores de ruido, ruido de fondo, sonómetro.

INDICE

Resumen	1
1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1. Enagás	4
1.2. Instalaciones.....	6
1.3. Organización preventiva de la Dirección de Transporte	8
2. ANTECEDENTES.....	9
3. OBJETO	9
4. ALCANCE.....	9
5. DATOS GENERALES DE LAS INSTALACIONES.....	9
6. LEGISLACIÓN Y NORMATIVA	9
6.1. Valores límites de inmisión.	9
7. CARACTERIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDIDA	10
7.1. Entorno y descripción de los puntos de medida.....	10
7.2. Descripción de las fuentes de ruido	12
7.3. Receptores de ruido	13
7.4. Horario de funcionamiento de la actividad	13
7.5. Equipos utilizados.....	13
7.6. Condiciones meteorológicas.....	15
8. CARACTERIZACIÓN DEL RUIDO AMBIENTAL	15
8.1. Fenómeno físico	15
8.1.1. El movimiento ondulatorio	16
8.1.2. Espectro de frecuencias.....	17
8.2. Ruidos y sonidos	18
8.2.1. Niveles sonoros.....	18
8.2.2. La percepción del sonido	18
8.3. Índices para la evaluación de ruido ambiental	20
8.3.1. Nivel de presión sonora (L)	20
8.3.2. Nivel de presión sonora continuo equivalente	21
8.3.3. Nivel de pico	22
8.3.4. El $L_{Aeq,T}$ como indicador del ruido ambiental	22
9. METODOLOGÍA DE LAS MEDIDAS	22
9.1. Ruido de fondo	22
9.2. Condiciones de las medidas	23
10. RESULTADOS.....	25
11. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS	37

12.	CONCLUSIONES	39
13.	BIBLIOGRAFÍA	40

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Enagás

El Grupo Enagás tiene como misión el desarrollo y gestión de las infraestructuras de gas en un contexto global, de forma eficiente, sostenible y segura. Comprometido con la regulación vigente correspondiente al Sector de Hidrocarburos y la Directiva 2003/55/CE que marca el Parlamento Europeo respecto a las normas comunes de mercado interior del gas natural, deberá garantizar el suministro como Gestor Técnico del Sistema en España.

Para llevar a cabo estas funciones, el Grupo Enagás está formado por las siguientes empresas:

- Enagás S.A.
- Enagás Transporte S.A.U.
- Enagás GTS S.A.U.
- Enagás Internacional S.L.U.
- Enagás Transporte Norte S.L.

A continuación se explica brevemente cómo llega el gas natural desde su extracción hasta su destino final, como puede ser viviendas, industrias o almacenamiento:

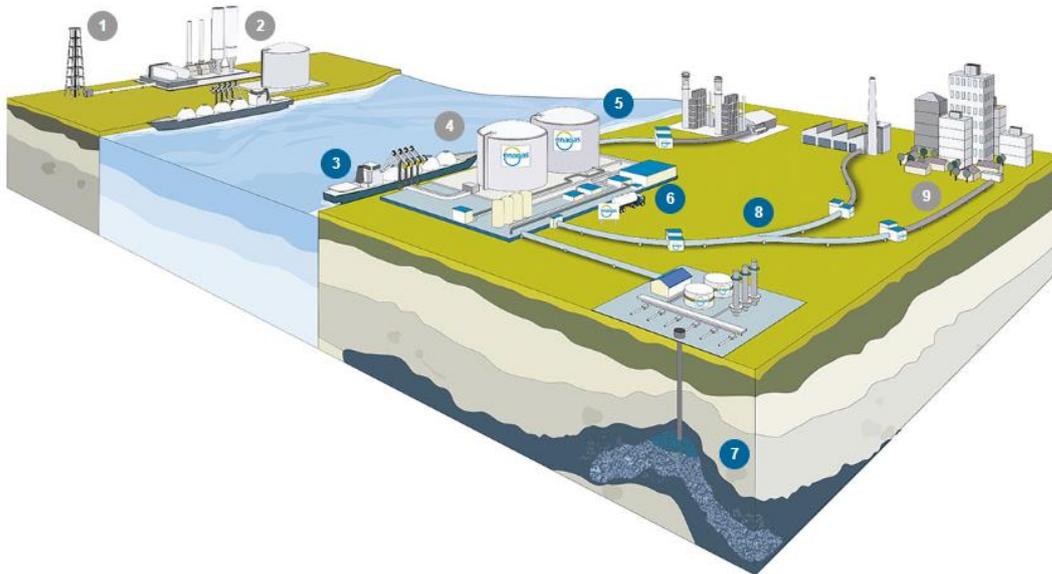


Ilustración 1. Esquema proceso transporte de gas

1. Extracción: Extracción del gas natural desde el yacimiento.
2. Licuefacción: Enfriamiento del gas hasta los $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$ para conseguir la reducción de su volumen y facilitar el transporte.
3. Descarga/carga de buques: Descarga de GNL (gas natural licuado) a la planta, y carga de GNL al buque.
4. Transporte marítimo de GNL: Transporte de GNL en buques metanero desde el país de origen hasta el país de destino.
5. Regasificación: Cambio de estado del gas, que vuelve a su estado original en fase gaseosa (gas natural),

- 6. Carga de cisternas: Carga de GNL en camiones cisterna.
- 7. Almacenamiento subterráneo: Almacenamiento de gas en estructuras geológicas existentes.
- 8. Transporte de gas natural: Transporte de gas natural por la red de gasoductos de alta presión.
- 9. Distribución a clientes: Distribución del gas natural a clientes para su consumo.

Siendo el Enagás Transporte S.A.U responsable de los puntos 3, 5, 6, 7, 8. Para poder garantizar la competencia y seguridad del Sistema Gasista de España la compañía cuenta con:

- Centros de trabajo:
 - 1 Sede Central (Madrid)
 - 4 Plantas de GNL (Barcelona, Cartagena, Huelva & Gijón)
 - 3 Almacenamientos Subterráneos (Huesca, Vizcaya y Guadalajara)
 - 45 Centros de Transporte, distribuidos por zonas:
 - Norte: 15
 - Sur: 16
 - Este: 14
- Plantilla: 750
 - Directivos: 22 (3.32%)
 - Mandos: 22 (3.32%)
 - Sin mando: 706 - sin decisión sobre presupuestos - (93.36%)

Además, se dispone de unos 11.000 km de gasoductos a lo largo de todo el territorio. En conjunto, la capacidad de almacenamiento de Enagás supera los 2.500.000 m³ de GNL, y una capacidad de emisión de más de 6.000.000 Nm³/h.



Ilustración 2. Red nacional de gasoductos e instalaciones de Enagás

1.2. Instalaciones

Para llevar a cabo las tareas de mantenimiento, operación y control de la red de gasoductos se establece la coordinación de 45 Centros de Transporte (CT) agrupados en tres Unidades de Transporte: Norte, Este y Sur. Además cada una de estas Unidades está subdividida en Zonas.

A continuación se muestran las correspondientes a la Unidad de Transporte Norte:

UTE NORTE					
Zona Coruña	Zona Cantabria	Zona Vitoria	Zona La Rioja	Zona Burgos	Zona Zamora
CT Coruña	CT Llanera	CT Alegia	CT/EC Villar de Arnedo	CT Segovia	CT León
CT Pontevedra	CtT Villapresente	CT Durango	EC Haro	CT Soria	CT Valladolid
CT Ribadeo		CT Vitoria		CT Burgos	CT/EC Zamora

Por otro lado, a lo largo de toda la red de gasoductos se establecen diferentes instalaciones denominadas Posiciones, las cuales cada una cumple una función diferente. A continuación se indican los distintos tipos:

Estaciones de Compresión

Son las encargadas de que la presión del gas se mantenga en 72/80 bares, a través de compresores, con la finalidad de aumentar la capacidad de transporte de los gasoductos. En la Unidad Norte se dispone con 3 de las 18 estaciones con las que cuenta Enagás: EC Coreses, EC Villar de Arnedo y EC Haro.



Ilustración 3. Estación de Compresión

- Estaciones de Regulación y Medida (ERM)

Las estaciones de regulación y medida son las encargadas de disminuir la presión del gas hasta los 16 bares requeridos para las empresas distribuidoras las cuales, posteriormente, adaptarán la presión según lo requerido por el particular o la empresa correspondiente, llegándose a reducir en algunos casos hasta los 20 milibares, además de, tal y como su nombre indica, medir el caudal así como las características del gas suministrado. Enagás cuenta con cerca de 420 ERMs a lo largo de toda la península, y seguirán aumentando a medida de que aparezcan nuevos puntos de distribución.



Ilustración 4. Estación de Regulación y Medida

- Estaciones de Medida (EM)

En estas instalaciones se lleva a cabo la cromatografía del gas que circula por el gasoducto, de esta manera se mantiene un control de las magnitudes físicas de este. A diferencia de las ERM, en estas instalaciones no se disponen de calderas ni de equipos de regulación de presión.



Ilustración 5. Estación de Medida

- Estación de Seccionamiento y Corte (ESC)

Estas estaciones disponen de un sistema de válvulas que permiten aislar tramos de gasoducto en el caso de que fuera necesario. Están distribuidas por toda la red de gasoducto, habiendo una cada 20 km.

1.3. Organización preventiva de la Dirección de Transporte

El Director General de Infraestructuras es el que se encuentra en la cabeza de la estructura jerárquica de la organización preventiva de la Dirección de Transporte, siendo a través de los Técnicos de Prevención y Medio Ambiente los que ejercen las funciones delegadas por éste. A su vez, los técnicos de Prevención y Medio Ambiente colaboran y dependen funcionalmente del Servicio de Prevención Mancomunado, de los Servicios Centrales.

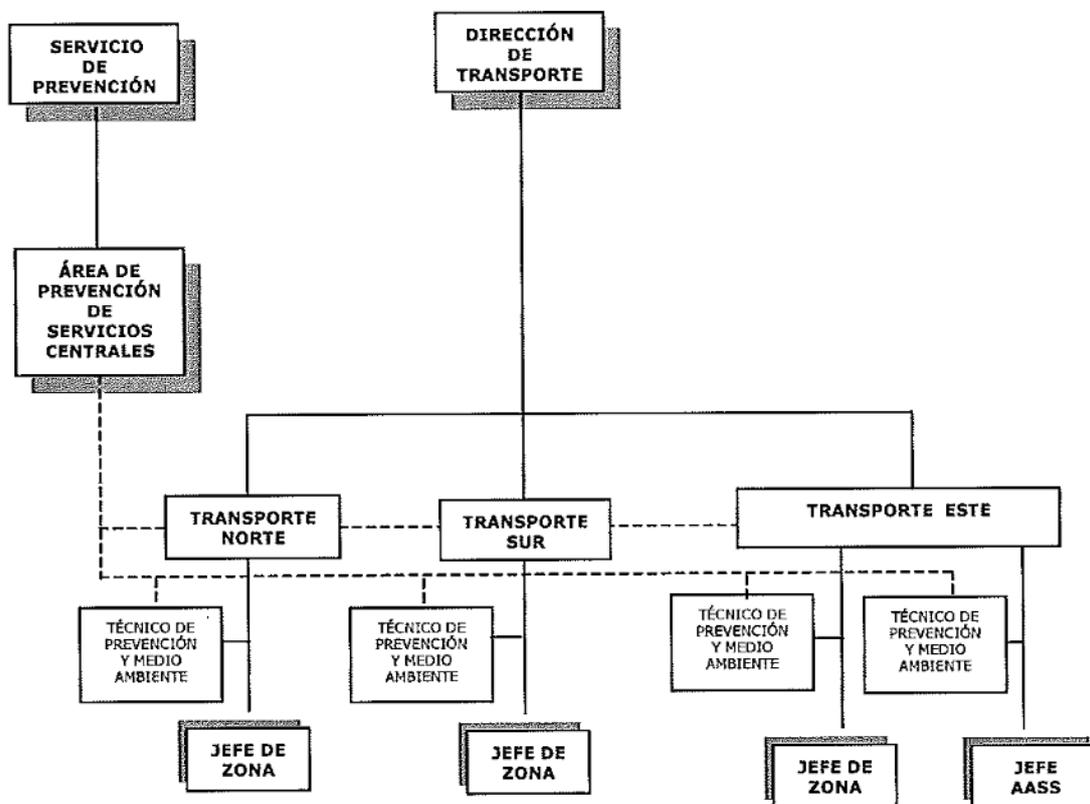


Ilustración 6. Esquema de la organización preventiva de Enagás

2. ANTECEDENTES

Este trabajo surge de la necesidad de realizar las mediciones periódicas de ruido ambiental en las instalaciones de la Unidad de Transporte Norte. Estas mediciones se realizan cada cinco años o bien, siempre y cuando haya alguna modificación sustancial en los equipos de las instalaciones.

3. OBJETO

El objetivo del presente informe es evaluar los niveles de presión acústica obtenidos en las medidas de nivel de ruido efectuadas en las instalaciones que Enagás Transporte, S.A.U., tiene en la provincia de Valladolid.

4. ALCANCE

El Técnico de Prevención y Medio Ambiente de la Gerencia de Transporte Norte de Enagás realiza medidas acústicas para comprobar los niveles sonoros exteriores muestreados en horario diurno y nocturno, para comprobar el cumplimiento de los valores límite de inmisión establecidos según la Ley 5/2009, de 4 de Junio, del Ruido de Castilla y León (*BOCYL* núm. 107 del 09.07.2009).

5. DATOS GENERALES DE LAS INSTALACIONES

Las instalaciones que han sido objeto de estudio se corresponden con Estaciones de Regulación y Medida de Enagás Transporte, S.A.U. en la Unidad Norte. La principal actividad que se lleva a cabo en estas instalaciones es el transporte de gas natural por gasoducto. A continuación se indican las Posiciones y la localización correspondiente a cada una de ellas:

NOMBRE	Enagás Transporte, S.A.U.
DIRECCIÓN INSTALACION INDUSTRIAL	Posición B-07.05 Cigales (Valladolid)
	Posición B-07.03 Villamuriel de Cerrato (Palencia)
ACTIVIDAD PRINCIPAL	Transporte de gas natural por gasoducto

6. LEGISLACIÓN Y NORMATIVA

Este estudio se ha realizado acorde con la normativa siguiente:

- *Ley 5/2009, de 4 de junio, del Ruido de Castilla y León (BOCYL núm. 107 del 09.07.2009).*

6.1. Valores límites de inmisión.

En la siguiente tabla se indican los niveles sonoros máximos que podrán emitir al medio ambiente exterior las diferentes instalaciones, establecimientos, maquinaria, actividad o comportamiento:

Tabla 1. Valores límites de inmisión según lo establecido en la Ley 5/2009, del 4 de Junio

Area receptora exterior	L _{Aeq 5s} dB(A)*	
	DÍA 8 - 22 h	NOCHE 22 - 8 h
Tipo 1. Área de silencio	50	40
Tipo 2. Área levemente ruidosa	55	45
Tipo 3. Área tolerablemente ruidosa: Uso de oficinas o servicios comercial Uso recreativo y espectáculos	60 63	50 53
Tipo 4. Área ruidosa	65	55

(*) Si se detectan componentes tonales emergentes, de baja frecuencia o ruido de carácter impulsivo durante el proceso de medida se aplicará el L_{K_{eq, T}}, donde el nivel de presión sonora se encuentra corregido por la presencia de estos componentes en base a la siguiente expresión:

$$L_{KEQ,T} = L_{AEQ,T} + K_T + K_F + K_I$$

donde:

- K_t es el parámetro de corrección asociado al índice L_{K_{eq, T}}, correspondiente a la presencia de los componentes tonales emergentes.
- K_f es el parámetro de corrección asociado al índice L_{K_{eq, T}}, correspondiente a la presencia de componentes de baja frecuencia.
- K_i es el parámetro de corrección asociado al índice L_{K_{eq, T}}, correspondiente a la presencia de ruido de carácter impulsivo.
- T = 5 segundos.

7. CARACTERIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDIDA

7.1. Entorno y descripción de los puntos de medida

- Posición B-07.05, Cigales

La Pos. B-07.05 está situada en la localidad de Cigales, al suroeste de la misma, en la carretera de Valladolid aproximadamente a unos 900 m del núcleo urbano.

No hay edificaciones residenciales cercanas. Está rodeada en dos de sus laterales por instalaciones con vallado (no hay posibilidad de acceso). En otro lateral hay tierra de cultivo y la fachada de acceso da a la carretera de Valladolid.

La citada carretera tiene un flujo de vehículos medio.

Las medidas se han realizado en el ambiente exterior de las instalaciones de Enagás Transporte, S.A.U., desde varios puntos situados en el perímetro de la propiedad en frente de los principales focos de ruido, con el micrófono situado en aquellos donde había mayor percepción del ruido de las instalaciones. Como se ha indicado con anterioridad, a dos de los laterales no se tiene acceso debido al vallado, por lo tanto se han realizado tres puntos de medida:

- Punto nº 1: lateral oeste, zona entrada.
- Punto nº 2: lateral suroeste, zona lateral tierra cultivo.
- Punto nº 3: lateral sureste, zona lateral tierra cultivo



Ilustración 7. Punto 1 de medida



Ilustración 8. Punto 2 de medida



Ilustración 10. Punto 3 de medida



Ilustración 9. Punto de medida del ruido de fondo

En el Anexo I se muestra un croquis de la actividad y de los puntos de medida.

El plan de muestreo se realizó el día 07 de Mayo de 2018, así como las medidas de presión acústicas para determinar los niveles sonoros de inmisión exterior que se han efectuado el mismo día entre las 17:40 y las 18:00 horas, para las muestras realizadas en horario diurno y entre las 23:10 y las 23:40 horas, para las muestras realizadas en horario nocturno.

- Posición B-07.03, Villamuriel de Cerrato

Las medidas se han realizado en el ambiente exterior de las instalaciones, desde varios puntos situados en el perímetro de la propiedad en frente de los principales

focos de ruido, con el micrófono situado en aquellos donde había mayor percepción del ruido de las instalaciones.

Se han realizado mediciones en 3 puntos en ambiente exterior (y una posición de ruido de fondo representativo):

- Punto 1: lateral oeste, zona entrada
- Punto 2: lateral sur, zona central
- Punto 3: lateral este, zona central



Ilustración 11. Punto 1 de medida

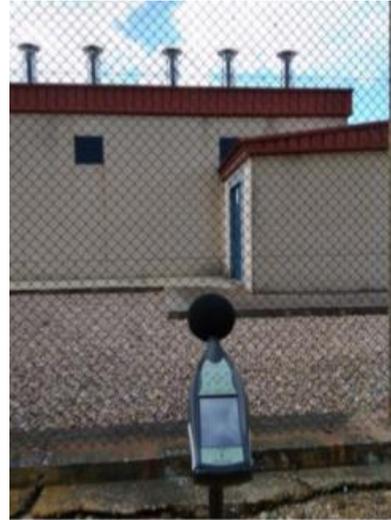


Ilustración 12. Punto 2 de medida



Ilustración 13. Punto 3 de medida

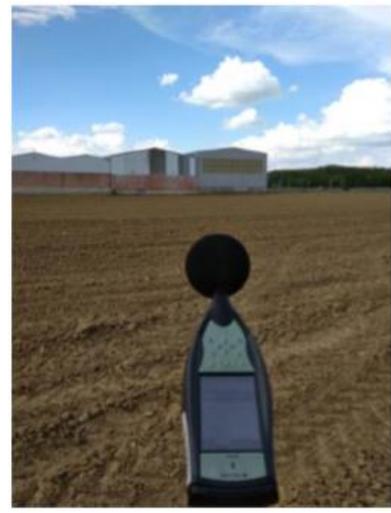


Ilustración 12. Punto de medida de ruido de fondo

7.2. Descripción de las fuentes de ruido

Las principales fuentes de ruido evaluadas en periodo diurno y nocturno, según responsables de la instalación, son:

- A: Calderas.
- B: Regulación presión de gas.

Como ruido de fondo, fundamentalmente, se perciben el paso de vehículos por la carretera cercana, aunque se ha tratado de evitar en la medida de lo posible.

En el Anexo I se puede observar la situación de las fuentes de ruido dentro de las instalaciones de Enagas Transporte, S.A.U.

7.3. Receptores de ruido

Los principales receptores del ruido generado por las emisiones sonoras procedentes de la actividad son los viandantes y los propios trabajadores de la instalación objeto de informe (cuando se realizan tareas de mantenimiento y reparación).

7.4. Horario de funcionamiento de la actividad

El horario de funcionamiento de las instalaciones de Enagás Transporte, S.A.U. es de 24 h, de forma continuada. Horario diurno y nocturno de cara a la clasificación según la legislación de aplicación.

7.5. Equipos utilizados

- Sonómetro

Se ha utilizado un sonómetro y analizador portátil de la marca BRUEL& KJÆR, modelo 2250 capaz de realizar mediciones de Clase I. Estos equipos tienen la capacidad de realizar análisis de frecuencias, registro de datos y grabación de señal.

Además dispone de la verificación periódica de acuerdo con los criterios establecidos en la Orden 25 de Septiembre de 2007, del Ministerio de Fomento, por la que se regula el control metrológico del Estado de los instrumentos destinados a la medida de sonido audible.



Ilustración 13. Sonómetro BRUEL& KJÆR 2250

- Calibrador

Para la verificación de que la medida realizada por el sonómetro es representativa se ha empleado un calibrador sonoro de Clase I, de la marca CERSVA, modelo CB-5. Su frecuencia de verificación se enfoca en 1 kHz. Para la determinación de errores de cero y linealidad se establecen dos niveles diferentes, de 94 y 104 dB.

Al igual que el sonómetro, el calibrador dispone de la de la verificación periódica de acuerdo con los criterios establecidos en la Orden 25 de Septiembre de 2007, del Ministerio de Fomento.



Ilustración 14. Calibrador CERSVA CB-5

- Distanciómetro

Tecnología de medición láser, marca Leica, modelo Disto TM D". El alcance y la precisión de este aparato cumplen con la normativa ISO 16331-1.



Ilustración 15. Distanciómetro Leica DISTO TM D"

- Anemómetro

Este aparato nos permite medir tanto la velocidad como la temperatura del aire. En concreto se ha utilizado un anemómetro de la marca PCE, modelo EM 888.



Ilustración 16. Anemómetro PCE EM 888

- Estación meteorológica

En este caso se ha utilizado el mismo medidor climatológico que el anemómetro. Permite medir la temperatura, la humedad relativa, el caudal, la presión atmosférica y la iluminación in-situ.

7.6. Condiciones meteorológicas

Todas las medidas efectuadas en este estudio se realizaron en las condiciones de climatología necesarias por el buen funcionamiento de los equipos de medida utilizados, y para asegurar la representatividad de éstas según los protocolos de medida establecidos en la norma UNE-ISO 1996-1:2005, para la medida de ruido ambiental.

Tabla 2. Condiciones climatológicas durante la medida del periodo DIURNO

Posición	Presión atmosférica (hPa)		Humedad relativa (%)		Temperatura (°C)		Velocidad del viento (m/s)
	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	
B-07.05	1009,1	1009,2	32,2	32,3	20,6	20,3	<1,4
B-07.03	1003,6	1003,6	33,9	33,6	21,4	21,2	<1,4

Tabla 3. Condiciones climatológicas durante la medida del periodo NOCTURNO

Posición	Presión atmosférica (hPa)		Humedad relativa (%)		Temperatura (°C)		Velocidad del viento (m/s)
	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	
B-07.05	1003,6	1003,6	40,4	40,6	8,1	8	<1,4
B-07.03	1010,6	1010,7	41,1	41,6	12,7	12,5	<1,4

8. CARACTERIZACIÓN DEL RUIDO AMBIENTAL

8.1. Fenómeno físico

Un sonido es un fenómeno físico provocado por la interacción mecánica de las partículas de un medio elástico con un elemento en vibración, dando lugar a una sensación auditiva. Estas vibraciones se propagan a través de un medio, normalmente el aire, en forma de ondas sonoras, que hacen vibrar la membrana del tímpano, transportando los impulsos neuronales mediante el nervio acústico hasta el cerebro, generando la sensación sonora.

En el aire, el fenómeno se propaga por la puesta en vibración de las moléculas de aire que se encuentran cerca del elemento vibrante, transmitiendo el movimiento a las moléculas próximas a ellas, y así sucesivamente. La vibración de estas moléculas provocan una diferencia de la presión atmosférica, es decir, el paso de una onda sonora genera una onda de presión que se transmite a través del aire. En condiciones normales, la velocidad de propagación en el aire es de aproximadamente 340 m/s. Esta variación de la presión se denomina presión acústica o presión sonora.

Las ondas sonoras se ven afectadas por los obstáculos que se encuentran en su recorrido, pudiendo ser absorbidas o reflejadas, además de verse atenuadas con la distancia.

8.1.1. El movimiento ondulatorio

El movimiento ondulatorio está caracterizado por la propagación de energía a través de un medio.

El movimiento ondulatorio se define por las siguientes magnitudes:

- Espacio (elongación, amplitud, ciclo o vibración)
- Tiempo (periodo, fase y tiempo)
- Relación espacio y tiempo (frecuencia)

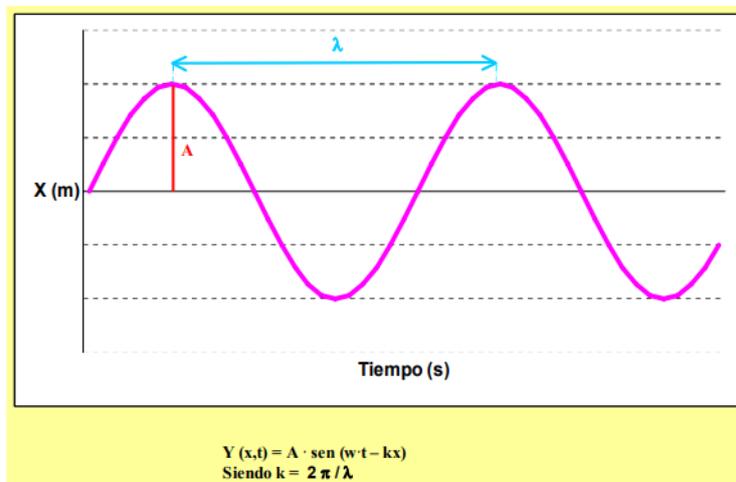


Ilustración 17. Representación gráfica del movimiento ondulatorio

donde:

Amplitud (A)

Es el valor máximo que alcanza el movimiento de una onda (A).

Longitud de onda (λ):

Es la distancia entre dos puntos consecutivos que se encuentran en el mismo estado de vibración.

La velocidad de propagación, por ende, es la distancia que recorre la onda por unidad de tiempo, si se considera un ciclo completo, el tiempo será T y la distancia recorrida será λ .

$$V = \lambda / T$$

Frecuencia (f):

Se denomina frecuencia al número de pulsaciones que tiene lugar en un segundo, cuya unidad de medida son los hercios (Hz). Las frecuencias bajas corresponden a los sonidos graves, y las altas a los sonidos agudos.

$f = 1 / T$

8.1.2. Espectro de frecuencias

Los sonidos se pueden descomponer en una sucesión de sonidos puros a distinta frecuencia. Esta variación de energía sonora correspondiente a cada una de estas frecuencias forma lo que se conoce como espectro de frecuencias de ruido. A través del espectro de frecuencias se puede determinar si el ruido contiene frecuencias graves, medias o agudas. Además, nos permite conocer cuáles son los sonidos que afectan más al oído humano, ya que este reacciona de manera diferente en función de las frecuencias.

El análisis espectral se suele realizar comúnmente en octavas o tercios de octavas, siendo esta última más exacta, dado que para cada uno de los primeros se lleva a cabo la suma energética de los niveles de los tres tercios de octava que contienen.

OCTAVAS en Hz	1/3 OCTAVAS en Hz
	16
	20
31,5	25
	31,5
	40
63	50
	63
	80
125	100
	125
	160
250	200
	250
	315
500	400
	500
	630
1000	800
	1000
	1250
2000	1600
	2000
	2500
4000	3150
	4000
	5000
8000	6300
	8000
	10000
16000	12500
	16000
	20000

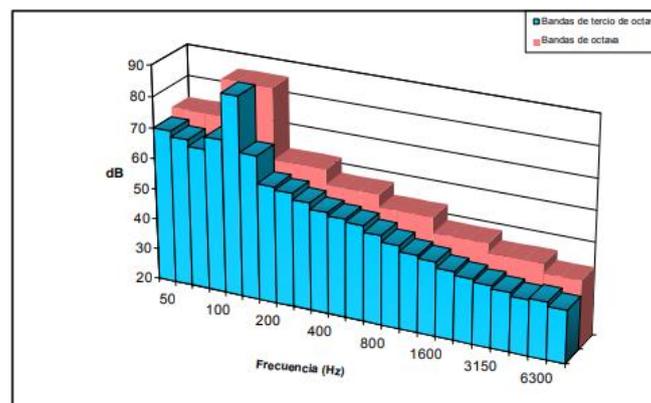


Ilustración 18. Representación del espectro de frecuencias en octavas y 1/3 de octavas

8.2. Ruidos y sonidos

El ruido es un caso particular del sonido: se define como aquel sonido indeseado que produce sensación de malestar, provocado por un conjunto de ondas sonoras con diferentes frecuencias y niveles de presión.

8.2.1. Niveles sonoros

Las presiones sonoras a las que el oído humano es sensible se encuentran en un rango muy grande. Siendo el umbral inferior de la audición humana $2 \cdot 10^{-5}$ Pa., y el umbral máximo puede llegar hasta los 20 Pa.

El uso de los valores que abarcan un campo tan amplio no resulta versátil, por ello, se hace uso de la escala logarítmica, y de otra unidad, el decibelio.

De esta manera, se determina el nivel de presión sonora L según lo establecido en la siguiente expresión:

$$L_p = 10 \cdot \log \frac{P^2}{P_0^2} = 20 \cdot \log \frac{P}{P_0}$$

donde P_0 es el valor de referencia de la presión sonora, representada por la menor presión sonora audible por un oído humano, y P_{ef} la presión sonora eficaz.

En esta escala, se puede determinar que el oído humano tiene la capacidad de percibir y soportar sonidos a niveles de presión sonora entre 0 y 120 db, siendo este último lo que se denomina el “umbral del dolor”. La exposición a mayores niveles de ruido puede suponer daños físicos como la rotura del tímpano.

8.2.2. La percepción del sonido

La percepción del sonido depende de múltiples factores. Por ejemplo, intensidad, presión acústica eficaz, el tono, el timbre, etc.

De esta manera, aparecen dos conceptos diferentes aunque muy ligados entre sí. Por un lado se encuentra la onda sonora capaz de producir la sensación de sonido, y por el otro, la sensación subjetiva producida en el oído.

Mediante estudios empíricos se ha determinado un conjunto de curvas de igual sonoridad (curvas isofónicas) que indican, el nivel sonoro que debe alcanzar una onda de una determinada frecuencia para producir la misma sensación auditiva que un tono puro de 1 kHz y un nivel de intensidad dado.

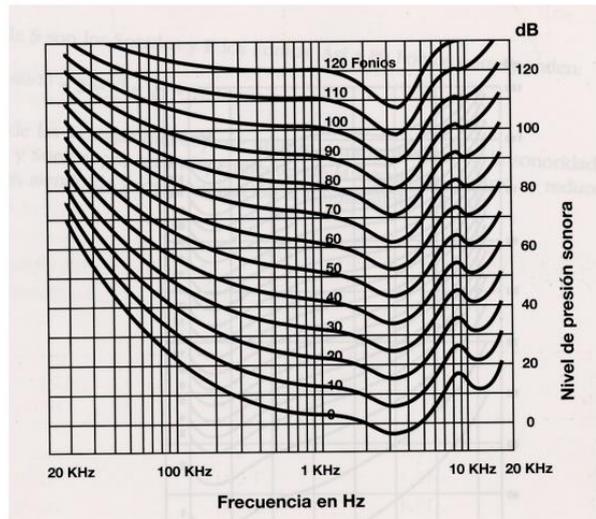


Ilustración 19. Curvas isofónicas de Fletcher y Munson

Curvas de ponderación en frecuencia

En función de las frecuencias el oído humano será más o menos sensible. De esta manera, cuantas más altas frecuencias contenga un ruido mayor será la sensación de molestia, teniendo como referencia el mismo nivel de presión sonora. En base a las curvas isofónicas se definieron una serie de filtros con el objetivo de ponderar la señal medida por el sonómetro en función con la sensibilidad del oído, es decir, atenuando las frecuencias bajas.

Para tener en cuenta esta sensibilidad se incorpora en las mediciones de ruido el concepto de filtros de ponderación, los cuales sirven para corregir los niveles de presión de cada banda de frecuencia según unas curvas de ponderación. Los filtros más utilizados son los A, B, y C.

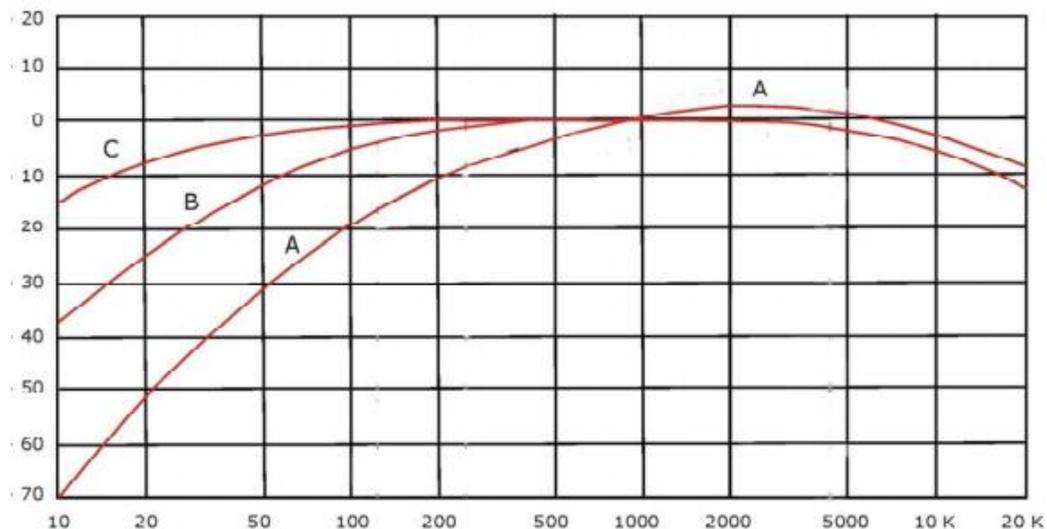


Ilustración 20. Representación gráfica de las curvas de ponderación

8.3. Índices para la evaluación de ruido ambiental

El carácter de molestia que acompaña a la definición de ruido incorpora un componente de carácter no acústico, que requiere de la contribución de otras disciplinas para ser interpretado de manera certera. Desde un punto de vista medioambiental, el estudio y seguimiento del ruido tiene como objetivo la protección de la calidad del ambiente sonoro. Los diferentes sonidos son analizados para determinar los niveles de inmisión en determinadas áreas, y establecer si estos suponen una molestia sobre la población.

Existe un gran número de factores que interfieren en las molestias del ruido. El índice seleccionado tiene que contemplar, entre otros, los siguientes aspectos:

- La energía sonora: Cuanto mayor sea la energía del sonido la molestia aumentará.
- Tiempo de exposición: Para un mismo nivel de ruido, el grado de molestia será mayor a medida que aumente el tiempo de exposición al mismo.
- Características del sonido: Dependiendo de las frecuencias, tonos, y otras características, un sonido a un mismo nivel y una misma exposición puede ser molesto o no.
- El receptor: Dependiendo de los factores físicos y culturales, puede variar el grado de molestia para el mismo nivel de ruido en personas distintas.
- La actividad del receptor: En función de la actividad que esté realizando el receptor, el mismo sonido puede considerarse molesto o no.

La determinación del indicador que se vaya a emplear en el estudio es crucial, ya que éste tiene el objetivo de indicar las molestias que el ruido produce en la población.

La finalidad de los técnicos de medioambiente es lograr que el ruido soportado por la población no supere los niveles admisibles.

8.3.1. Nivel de presión sonora (L)

Este índice varía a lo largo del tiempo. Se expresa mediante L_A si se mide en decibelios A, que es lo habitual en estudios medioambientales. Para un periodo de tiempo T concreto, se pueden establecer los valores máximos de nivel de presión sonora (L_{Amax}) y el mínimo valor (L_{Amin}). Tan solo aporta la representatividad de la mayor y menor intensidad de ruido en un periodo de tiempo determinado.

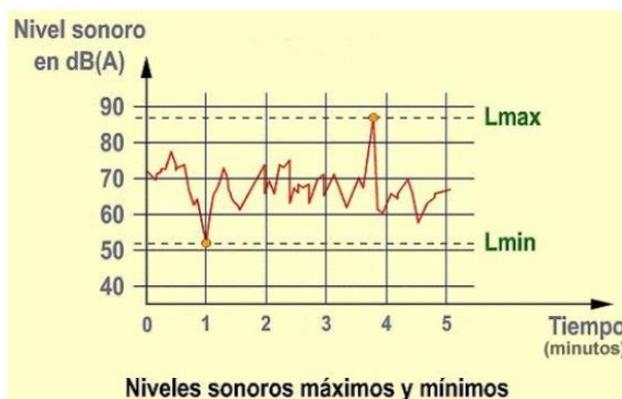


Ilustración 21. Representación gráfica de una medida de nivel de presión sonora

8.3.2. Nivel de presión sonora continuo equivalente

Este valor se corresponde con la media de la energía sonora que percibe una persona en un intervalo de tiempo determinado, es decir, representa el nivel de presión que habría sido producido por un ruido constante con la misma energía que el ruido realmente percibido, durante el mismo periodo de tiempo. El nivel de presión sonora equivalente debe indicar el periodo de tiempo al que se refiere. Viene expresado por $L_{Aeq, T}$ que indica el uso de ponderación A, y tiene la siguiente formulación matemática:

$$L_{Aeq}(T) = 10 \text{ LOG} \left(\frac{1}{T} \int_0^T \left(\frac{P}{P_0} \right)^2 dt \right)$$

donde:

T = tiempo de duración de la medida

P = presión sonora instantánea en Pa

P_0 = presión de referencia = $2 \cdot 10^{-5}$ Pa

En la práctica el cálculo del L_{Aeq} se lleva a cabo sumando n niveles de presión sonora L_i que han tenido lugar en un intervalo de tiempo t_i , cuya expresión matemática es:

$$L_{Aeq}(T) = 10 \text{ LOG} \left(\frac{1}{T} \sum 10^{L_i/10} \cdot t_i \right)$$

donde:

T = tiempo de exposición

L_i = nivel de presión sonora constante en el intervalo i

t_i = tiempo del intervalo i correspondiente al nivel L_i

El valor correspondiente al L_{Aeq} se expresa en decibelios A, y debe de ir siempre acompañado de un intervalo de observación.

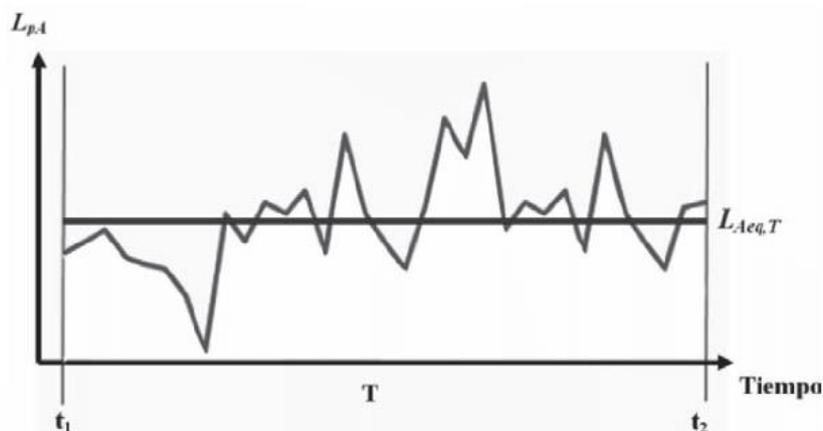


Ilustración 22. Representación gráfica del nivel de presión sonora continuo equivalente, L_{Aeq}

8.3.3. Nivel de pico

Corresponde con el nivel máximo de la presión acústica instantánea a la que se encuentra expuesto un trabajador. Mediante la siguiente expresión se convierten los niveles de presión acústica medidos en Pa, con filtro de ponderación frecuencial "c", a niveles de presión acústica en decibelios:

$$L_{pico} = 10 \log \left(\frac{P_{pico}}{P_0} \right)^2$$

donde:

P_{pico} = valor máximo de la presión acústica instantánea, en Pa, con el filtro de ponderación C

P_0 = la presión de referencia = $2 \cdot 10^{-5}$ Pa

8.3.4. El $L_{Aeq, T}$ como indicador del ruido ambiental

El $L_{Aeq, T}$ no es la media aritmética de los distintos niveles sonoros en un periodo de tiempo determinado. El nivel de presión sonora equivalente (T) determina el sumatorio de la energía acústica percibida en un intervalo de tiempo.

A día de hoy, en España se utiliza el nivel sonoro continuo equivalente $L_{Aeq, T}$ como indicador, referido a un periodo diurno y a uno nocturno. En función de los municipios y el sector que corresponda los periodos serán unos u otros. En cuanto a los límites máximos que se determinan para cada indicador, hay un parámetro común en prácticamente todos los casos, el cual consiste en establecer criterios en base a los usos de suelo. De tal manera que, los límites permisivos serán más elevados para uso industrial que para uso residencial, y así sucesivamente.

9. METODOLOGÍA DE LAS MEDIDAS

9.1. Ruido de fondo

La resta de decibelios es útil para determinar el nivel de presión acústica generado por una instalación que está ubicada junto a otros focos de emisión de sonidos. Los valores obtenidos tras la medición del nivel de presión acústica con las instalaciones objeto de estudio paradas es lo que se conoce como ruido de fondo.

En cada punto de medida se debería haber procedido a realizar un muestreo del nivel de ruido de fondo de las instalaciones, de igual forma que se ha realizado el muestreo de nivel de ruido con actividad, pero en ausencia de funcionamiento del emisor acústico evaluado. Como el horario de funcionamiento de las instalaciones es de 24 horas al día, se opta por realizar un muestreo representativo del ruido ambiental de fondo en un punto receptor, donde no influían los niveles sonoros emitidos por la empresa. En concreto se ha buscado una ubicación, en la cual las instalaciones objeto de informe quedan parcialmente apantallada acústicamente, de modo que solo se percibe el ruido residual y no se percibe el ruido emitido por la actividad.

Para la realización de estas medidas en ambiente exterior para el ruido de fondo representativo, se ha aplicado un procedimiento de muestreo consistente en realizar

una serie de tres medidas de L_{Aeq} dB (A), de 5 segundos cada una, y cada medida separada 3 minutos de la anterior dando cumplimiento a lo establecido en el apartado V.1 del anexo V. de la Ley 5/2009.

En esos puntos seleccionados de medición de ruido de fondo representativo, se registraron los niveles sonoros L_{eq} en dB (A), L_{eq} dB (C) y L_{eq} en dB (A) y modo Impulse, así como también el espectro en 1/3 de octava sin ponderar.

Para la corrección por ruido de fondo se ha tenido en cuenta lo especificado en el procedimiento de Enagás, relativo a la determinación de ruido ambiental como laboratorio de ensayo:

Si la diferencia entre el nivel de ruido con las instalaciones en funcionamiento y las mismas paradas es mayor de 10 dB (A) no se tiene que realizar corrección alguna.

Si la diferencia es entre 3 dB (A) y 10 dB (A), se tiene que realizar la siguiente corrección:

$$L_{A_{eq,corr}} = 10 \log \left(10^{L_{Aeq}/10} - 10^{L_{Aeq,F}/10} \right) dB$$

Si la diferencia es menor de 3 dB (A) no se puede realizar esta corrección.

9.2. Condiciones de las medidas

El plan de muestreo se realizó el día 07 de Mayo de 2018, así como las medidas de presión acústicas para determinar los niveles sonoros de inmisión exterior que se han efectuado el mismo día a partir de las 14:00 h para el periodo diurno, y a partir de las 22:00 h para el periodo nocturno, con un periodo de medición de 40 minutos en cada instalación.

Para la realización de medidas en ambiente exterior, en cada recinto o zona receptora considerada se ha aplicado un procedimiento de muestreo consistente en realizar una serie de tres medidas de L_{Aeq} dB (A), de 5 segundos cada una, y cada medida separada 3 minutos de la anterior dando cumplimiento a lo establecido en el apartado V.1 del anexo V. de la Ley 5/2009 de Ruido de Castilla y León.

En cada medición, se registraron los niveles sonoros en L_{eq} en dB (A), L_{eq} dB (C) y L_{eq} en dB (A) y modo Impulse, así como también el espectro en 1/3 de octava sin ponderar.

De esta manera, es posible realizar la corrección por componentes tonales (K_t), impulsivas (K_i) o bajas frecuencias (K_f). De tal manera que cuando en el procedimiento de medición de un ruido se detecte la presencia de uno de estos componentes, el valor resultante de la medición viene dado por la siguiente expresión:

$$L_{K_{eq},T} = L_{Aeq,T} + K_t + K_i + K_f$$

donde:

T = 5 segundos.

El valor máximo de la corrección resultante de la suma $K_t + K_f + K$ no puede ser mayor que 9 dB(A). En caso de que fuese mayor que 9 dB(A), se aplicará como valor de corrección 9 dB(A).

Se han realizado medidas con las fuentes de ruido en funcionamiento máximo. Estas medidas se han llevado a cabo en los puntos receptores donde las fuentes de ruido son más sensibles de afección al exterior, y teniendo en cuenta los momentos y situaciones en los que las posibles molestias son más acusadas.

Para las medidas con actividad se ha intentado en la medida de lo posible, eliminar todas aquellas influencias externas.

Antes y después de las medidas se realiza la verificación del equipo mediante el calibrador acústico:

Tabla 4. Verificación del equipo de medida

Posición	Día		Noche	
	Inicial	Final	Inicial	Final
B-07.05	93,7 dB	93,7 dB	93,7 dB	93,7 dB
B-07.03	93,7 dB	93,7 dB	93,7 dB	93,7 dB

10. RESULTADOS

A continuación se procede a la determinación de los resultados correspondientes a $L_{keq, Ti}$ según el Anexo V de la Ley 5/2009.

Los resultados obtenidos en las mediciones realizadas, se muestran en las siguientes tablas. Estos valores medidos tan solo son representativos de la fecha, el horario y las condiciones de medida indicadas en este informe.

- Pos. B-07.05, Cigales

Tabla 5. Resultados obtenidos Punto 1 periodo DIURNO, Pos. B-07.05

PUNTO 1	T _i	L _{Aeq}	L _{Aeq} corregido	K _f	K _t	K _i	L _{Keq}
FASE 1 ACTIVIDAD DIURNA	840	45,7	44,9	0	0	0	44,9
RESIDUAL	0	37,8					37,8
L_{keq, día} :45 dB (A)							

Análisis de componentes de baja frecuencia

L _{Ceq} dB(C)	L _{Aeq} dB(A)	L _f
54,1	44,9	9,2

L _f en dB	K _f
L _f ≤ 10	0 dB
10 > L _f ≤ 15	3 dB
L _f > 15	6 dB

K _f
0

Análisis de componentes tonales

BANDA Hz	L _{fact}	L _{factres}	L _{Sfactres}	L _{tactres}	Tonal	Criterio
20	46,5	46,5	47,1	-0,7	Nulo	8 12
25	47,0	47,0	46,4	0,6	Nulo	8 12
31,5	46,3	46,3	46,4	-0,1	Nulo	8 12
40	45,9	45,9	47,3	-1,4	Nulo	8 12
50	48,3	48,3	46,6	1,7	Nulo	8 12
63	47,3	47,3	43,5	3,8	Nulo	8 12
80	41,5	38,7	44,2	-5,4	Nulo	8 12
100	41,0	41,0	38,2	2,8	Nulo	8 12
125	39,2	37,6	37,2	0,4	Nulo	8 12
160	34,9	33,5	35,6	-2,1	Nulo	5 8
200	34,7	33,5	34,0	-0,5	Nulo	5 8
250	34,6	34,6	32,5	2,0	Nulo	5 8
315	32,8	31,5	33,1	-1,6	Nulo	5 8
400	31,7	31,7	31,2	0,4	Nulo	5 8
500	31,4	30,9	31,9	-1,0	Nulo	3 5
630	32,9	32,2	34,0	-1,8	Nulo	3 5
800	37,0	37,0	35,1	1,9	Nulo	3 5
1000	38,1	38,1	36,1	2,0	Nulo	3 5
1250	35,9	35,3	36,2	-0,9	Nulo	3 5
1600	35,0	34,3	33,7	0,7	Nulo	3 5
2000	33,1	32,0	32,8	-0,8	Nulo	3 5
2500	33,0	31,4	32,5	-1,1	Nulo	3 5
3150	34,4	33,0	32,6	0,4	Nulo	3 5
4000	34,6	33,8	31,5	2,3	Nulo	3 5
5000	30,7	30,1	28,5	1,6	Nulo	3 5
6300	24,1	23,1	23,6	-0,4	Nulo	3 5
8000	18,4	17,0	17,3	-0,2	Nulo	3 5
10000	13,9	11,4	14,1	-2,7	Nulo	3 5

Componente tonal	K _t
Nulo	0 dB
Neto	3 dB
Fuerte	6 dB

K _t
0

- No se ha aplicado la corrección por ruido de fondo ya que la diferencia con el nivel residual es inferior a 3 dB
- Presencia de componente tonal emergente fuerte en el ruido de fondo
- Presencia de componente tonal emergente neto en el ruido de fondo

El resultado de la medición en el Punto 1 ha sido 45,7 dB (A), que tras aplicarle la corrección del ruido de fondo el valor del L_{Aeq} es de 44,9 dB.

En este caso no es necesario aplicar la corrección por componentes de baja frecuencia, tonales o impulsivos, siendo el valor de L_{keq, día} 45 dB (A) para un periodo de 840 minutos.

Tabla 6. Resultados obtenidos Punto 2 periodo DIURNO, Pos. B-07.05

PUNTO 2	T_i	L_{Aeq}	L_{Aeq} corregido	K_f	K_t	K_i	L_{Keq}
FASE 1 ACTIVIDAD DIURNA	840	49,3	49,3	3 ⁽¹⁾	3	0	52,3
RESIDUAL	0	37,8					37,8
$L_{keq, día} : 52 \text{ dB (A)}$							

Análisis de componentes de baja frecuencia

L_{Aeq} dB(C)	L_{Aeq} dB(A)	L_f
50,3	49,3	11,0

L_f en dB	K_f
$L_f \leq 10$	0 dB
$10 > L_f \leq 15$	3 dB
$L_f > 15$	6 dB

K_f
3

Análisis de componentes tonales

BANDA Hz	L_{fact}	$L_{fact-res}$	$L_{sact-res}$	$L_{tact-res}$	Tonal	Criterio
20	56,8	56,8	56,0	0,8	Nulo	8 12
25	53,2	53,2	52,9	0,3	Nulo	8 12
31,5	49,0	49,0	49,7	-0,7	Nulo	8 12
40	46,3	46,3	50,6	-4,4	Nulo	8 12
50	52,2	52,2	46,3	6,0	Nulo	8 12
63	46,3	46,3	46,6	-0,3	Nulo	8 12
80	42,8	40,9	43,2	-2,3	Nulo	8 12
100	40,2	40,2	38,9	1,3	Nulo	8 12
125	38,7	36,9	38,3	-1,4	Nulo	8 12
160	37,2	36,4	35,4	1,0	Nulo	5 8
200	35,1	34,0	34,4	-0,4	Nulo	5 8
250	33,0	32,3	32,9	-0,6	Nulo	5 8
315	33,0	31,8	31,2	0,7	Nulo	5 8
400	30,6	30,0	30,0	0,0	Nulo	5 8
500	29,0	28,1	30,6	-2,5	Nulo	3 5
630	32,0	31,2	29,6	1,5	Nulo	3 5
800	32,0	31,2	32,2	-1,0	Nulo	3 5
1000	33,9	33,1	35,4	-2,3	Nulo	3 5
1250	39,6	39,6	35,3	4,3	Neto	3 5
1600	37,5	37,5	38,8	-1,2	Nulo	3 5
2000	37,9	37,9	38,0	-0,1	Nulo	3 5
2500	38,5	38,5	39,1	-0,6	Nulo	3 5
3150	40,3	40,3	39,2	1,1	Nulo	3 5
4000	39,9	39,9	39,8	0,1	Nulo	3 5
5000	39,3	39,3	38,9	0,4	Nulo	3 5
6300	37,9	37,9	35,2	2,7	Nulo	3 5
8000	31,0	31,0	32,3	-1,2	Nulo	3 5
10000	25,6	25,6	25,3	1,3	Nulo	3 5

Componente tonal	K_t
Nulo	0 dB
Neto	3 dB
Fuerte	6 dB

K_t
3

- No se ha aplicado la corrección por ruido de fondo ya que la diferencia con el nivel residual es inferior a 3 dB
- Presencia de componente tonal emergente fuerte en el ruido de fondo
- Presencia de componente tonal emergente neto en el ruido de fondo

El resultado de la medida en el Punto 2 ha sido 49,3 dB (A), y dado que supera en más de 10 dB al valor del ruido de fondo no se realiza corrección por éste.

Por otro lado, sí que se han detectado componentes de bajas frecuencias (1) y componentes tonales. A criterio de los técnicos se ha determinado que no se aplicará la corrección de componentes de baja frecuencia debido a que también aparece en el ruido de fondo, por lo que no se puede determinar de dónde procede. Sí que se tiene en cuenta la corrección por una componente tonal de carácter Neto, aumentando el resultado en 3 dB.

De esta manera, el resultado correspondiente al $L_{keq, día}$ es de 52 dB (A), para un periodo de 840 min.

Tabla 7. Resultados obtenidos Punto 3 periodo DIURNO, Pos. B-07.05

PUNTO 3	T _i	L _{Aeq}	L _{Aeq} corregido	K _f	K _t	K _i	L _{Keq}
FASE 1 ACTIVIDAD DIURNA	840	51,1	51,1	0	6	0	57,1
RESIDUAL	0	37,8					37,8
L _{keq, día} :57 dB (A)							

Análisis de componentes de baja frecuencia

L _{Ceq} dB(C)	L _{Aeq} dB(A)	L _f
54,1	51,1	3,0

L _f en dB	K _f
L _f <= 10	0 dB
10 > L _f <= 15	3 dB
L _f > 15	6 dB

K _f
0

Análisis de componentes tonales

BANDA Hz	L _{f,act}	L _{f,act-res}	L _{s,act-res}	L _{t,act-res}	Tonal	Criterio
20	44,3	44,3	45,6	-1,3	Nulo	8 12
25	45,1	45,1	44,9	0,2	Nulo	8 12
31,5	45,5	45,5	44,9	0,6	Nulo	8 12
40	44,6	44,6	45,9	-1,2	Nulo	8 12
50	46,2	46,2	43,4	2,9	Nulo	8 12
63	42,1	42,1	43,3	-1,2	Nulo	8 12
80	40,4	40,4	40,4	0,0	Nulo	8 12
100	38,6	38,6	37,4	1,2	Nulo	8 12
125	34,4	34,4	35,3	-0,9	Nulo	8 12
160	32,0	32,0	32,8	-0,8	Nulo	5 8
200	31,2	31,2	30,1	1,1	Nulo	5 8
250	29,7	28,2	35,0	-6,9	Nulo	5 8
315	38,8	38,8	27,7	11,1	Fuerte	5 8
400	28,3	27,3	33,9	-6,6	Nulo	5 8
500	29,7	29,0	30,3	-1,3	Nulo	3 5
630	33,9	33,3	29,8	3,5	Neto	3 5
800	31,5	30,6	34,6	-3,9	Nulo	3 5
1000	35,8	35,8	35,3	0,5	Nulo	3 5
1250	40,0	40,0	38,2	1,8	Nulo	3 5
1600	40,6	40,6	40,3	0,3	Nulo	3 5
2000	40,6	40,6	41,4	-0,8	Nulo	3 5
2500	42,3	42,3	41,7	0,6	Nulo	3 5
3150	42,8	42,8	41,9	1,0	Nulo	3 5
4000	41,4	41,4	40,9	0,5	Nulo	3 5
5000	38,9	38,9	39,5	-0,6	Nulo	3 5
6300	37,7	37,7	35,0	2,7	Nulo	3 5
8000	31,1	31,1	32,6	-1,5	Nulo	3 5
10000	27,5	27,5	26,4	1,0	Nulo	3 5

Componente tonal	K _t
Nulo	0 dB
Neto	3 dB
Fuerte	6 dB

K _t
6

- No se ha aplicado la corrección por ruido de fondo ya que la diferencia con el nivel residual es inferior a 3 dB
- Presencia de componente tonal emergente fuerte en el ruido de fondo
- Presencia de componente tonal emergente neto en el ruido de fondo

El resultado de la medida del Punto 3 es de 51,1 dB (A), cuyo valor no requiere la corrección por ruido de fondo dado que la diferencia es mayor de 10 dB.

Sin embargo, sí que se aprecian componentes tonales, tanto de carácter Neto como Fuerte, por lo que se le aplicará el de mayor penalización. De esta manera el resultado de la medida del Punto 3 tras las correcciones oportunas es de 57 dB (A), para un periodo de 840 min.

Tabla 8. Resultados obtenidos Punto 1 periodo NOCTURNO, Pos. B-07.05

PUNTO 1	T _i	L _{Aeq}	L _{Aeq} corregido	K _f	K _t	K _i	L _{Keq}
FASE 1 ACTIVIDAD NOCTURNA	600	46,1	45,1	3 ⁽¹⁾	3	0	48,1
RESIDUAL	0	39,2					39,2
L _{keq, día} :48 dB (A)							

Análisis de componentes de baja frecuencia

L _{Ceq} dB(C)	L _{Aeq} dB(A)	L _f
57,1	45,1	12,1

L _f en dB	K _f
L _f ≤ 10	0 dB
10 > L _f ≤ 15	3 dB
L _f > 15	6 dB

K_f
3

Análisis de componentes tonales

BANDA Hz	L _{fact}	L _{fact-res}	L _{fact-res}	L _{fact-res}	Tonal	Criterio
20	53.2	52.7	51.6	1.1	Nulo	8 12
25	52.0	50.7	50.2	0.5	Nulo	8 12
31,5	47.7	47.7	49.4	-1.6	Nulo	8 12
40	48.1	48.1	48.0	0.1	Nulo	8 12
50	48.2	48.2	49.0	-0.8	Nulo	8 12
63	49.9	49.9	45.7	4.2	Nulo	8 12
80	43.3	43.3	45.8	-2.6	Nulo	8 12
100	41.8	41.8	41.7	0.1	Nulo	8 12
125	40.2	40.2	39.5	0.7	Nulo	8 12
160	37.2	37.2	37.3	-0.2	Nulo	5 8
200	37.0	34.5	37.9	-3.4	Nulo	5 8
250	38.6	38.6	32.6	6.0	Neto	5 8
315	32.8	30.7	34.8	-4.0	Nulo	5 8
400	32.6	30.9	32.0	-1.1	Nulo	5 8
500	34.9	33.3	32.4	0.9	Nulo	3 5
630	35.1	33.9	35.0	-1.1	Nulo	3 5
800	37.4	36.7	35.8	0.8	Nulo	3 5
1000	38.3	37.8	36.8	1.0	Nulo	3 5
1250	37.4	37.0	37.3	-0.4	Nulo	3 5
1600	36.9	36.9	35.5	1.4	Nulo	3 5
2000	34.1	34.1	33.8	0.3	Nulo	3 5
2500	31.5	30.7	33.0	-2.3	Nulo	3 5
3150	31.9	31.9	30.9	0.9	Nulo	3 5
4000	31.2	31.2	29.7	1.5	Nulo	3 5
5000	28.9	27.6	26.7	0.9	Nulo	3 5
6300	24.0	22.3	21.4	0.9	Nulo	3 5
8000	17.4	15.1	17.7	-2.6	Nulo	3 5
10000	13.2	13.2	12.2	1.0	Nulo	3 5

Componente tonal	K _t
Nulo	0 dB
Neto	3 dB
Fuerte	6 dB

K_t
3

- No se ha aplicado la corrección por ruido de fondo ya que la diferencia con el nivel residual es inferior a 3 dB
- Presencia de componente tonal emergente fuerte en el ruido de fondo
- Presencia de componente tonal emergente neto en el ruido de fondo

El resultado de la medida en el Punto 1 ha sido 48,1 dB (A), que tras aplicarle la corrección por ruido de fondo tiene un valor de 45,1 dB (A).

Por otro lado, se han detectado componentes de bajas frecuencias y componentes tonales. A criterio de los técnicos se ha determinado que no se aplicará la corrección de componentes de baja frecuencia (1) debido a que también aparece en el ruido de fondo, por lo que no se puede determinar de dónde procede. Sí que se tiene en cuenta la corrección por una componente tonal de carácter Neto, aumentando el resultado en 3 dB.

De esta manera, el resultado correspondiente al L_{keq, día} es de 48 dB (A), para un periodo de 600 min.

Tabla 9. Resultados obtenidos Punto 2 periodo NOCTURNO, Pos. B-07.05

PUNTO 2	T _i	L _{Aeq}	L _{Aeq} corregido	K _f	K _t	K _i	L _{Keq}
FASE 1 ACTIVIDAD NOCTURNA	600	52,5	52,5	0	0	0	52,5
RESIDUAL	0	39,2					39,2
L _{keq, día} :53 dB (A)							

Análisis de componentes de baja frecuencia

L _{Ceq} dB(C)	L _{Aeq} dB(A)	L _f
61,5	52,5	9,0

L _f en dB	K _f
L _f <= 10	0 dB
10 > L _f <= 15	3 dB
L _f > 15	6 dB

K _f
0

Análisis de componentes tonales

BANDA Hz	L _{fact}	L _{fact-res}	L _{sact-res}	L _{tact-res}	Tonal	Criterio
20	52,4	51,8	51,0	0,8	Nulo	8 12
25	51,9	50,5	53,3	-2,8	Nulo	8 12
31,5	55,9	54,9	49,7	5,2	Nulo	8 12
40	50,7	48,9	52,3	-3,4	Nulo	8 12
50	49,8	49,9	51,5	-1,7	Nulo	8 12
63	55,1	54,0	48,0	6,1	Nulo	8 12
80	48,0	46,2	51,8	-5,5	Nulo	8 12
100	50,1	49,5	45,7	3,7	Nulo	8 12
125	46,3	45,3	46,1	-0,8	Nulo	8 12
160	44,4	42,8	42,8	0,0	Nulo	5 8
200	41,1	40,3	39,9	0,4	Nulo	5 8
250	37,5	37,0	37,4	-0,3	Nulo	5 8
315	35,4	34,4	35,6	-1,1	Nulo	5 8
400	35,0	34,1	34,2	-0,1	Nulo	5 8
500	35,4	34,0	33,7	0,3	Nulo	3 5
630	34,7	33,3	34,4	-1,0	Nulo	3 5
800	35,8	34,7	34,4	0,3	Nulo	3 5
1000	36,3	35,4	37,6	-2,2	Nulo	3 5
1250	40,5	40,5	37,8	2,7	Nulo	3 5
1600	40,1	40,1	40,7	-0,6	Nulo	3 5
2000	40,9	40,9	41,8	-0,9	Nulo	3 5
2500	43,5	43,5	42,9	0,6	Nulo	3 5
3150	44,9	44,9	43,3	1,7	Nulo	3 5
4000	43,0	43,0	43,0	0,0	Nulo	3 5
5000	41,0	41,0	40,8	0,3	Nulo	3 5
6300	38,5	38,5	36,5	2,0	Nulo	3 5
8000	32,0	32,0	32,3	-0,4	Nulo	3 5
10000	26,2	26,2	25,4	0,8	Nulo	3 5

Componente tonal	K _t
Nulo	0 dB
Neto	3 dB
Fuerte	6 dB

K _t
0

- No se ha aplicado la corrección por ruido de fondo ya que la diferencia con el nivel residual es inferior a 3 dB
- Presencia de componente tonal emergente fuerte en el ruido de fondo
- Presencia de componente tonal emergente neto en el ruido de fondo

El valor del nivel de ruido equivalente ponderado A, medido en el Punto 2 es de 52,5 dB (A), dado que supera en más de 10 dB el nivel del ruido de fondo no se aplicará corrección.

Así mismo, no se aprecian componentes de baja frecuencia, impulsivos o tonales.

Por lo tanto, el valor correspondiente al L_{keq, día} es de 53 dB (A) para un periodo de 600 min.

Tabla 10. Resultados obtenidos Punto 3 periodo NOCTURNO, Pos. B-07.05

PUNTO 3	T_i	L_{Aeq}	L_{Aeq} corregido	K_f	K_t	K_i	L_{Keq}
FASE 1 ACTIVIDAD NOCTURNA	600	50,5	50,5	0	0	0	50,5
RESIDUAL	0	39,2					39,2
$L_{keq, día} : 51 \text{ dB (A)}$							

Análisis de componentes de baja frecuencia

L_{Ceq} dB(C)	L_{Aeq} dB(A)	L_f
55,3	50,5	4,7

L_f en dB	K_f
$L_f \leq 10$	0 dB
$10 > L_f \leq 15$	3 dB
$L_f > 15$	6 dB

K_f
0

Análisis de componentes tonales

BANDA Hz	$L_{f_{net}}$	$L_{f_{act-res}}$	$L_{f_{act-res}}$	$L_{f_{act-res}}$	Tonal	Criterio
20	45,5	45,5	47,8	-2,3	Nulo	8 12
25	47,5	47,5	46,5	1,0	Nulo	8 12
31,5	47,6	47,6	47,2	0,4	Nulo	8 12
40	46,8	46,8	47,4	-0,6	Nulo	8 12
50	47,2	47,2	48,1	-0,9	Nulo	8 12
63	49,4	49,4	45,3	4,1	Nulo	8 12
80	43,4	43,4	44,5	-1,1	Nulo	8 12
100	39,6	39,6	40,2	-0,6	Nulo	8 12
125	37,0	37,0	37,1	-0,1	Nulo	8 12
160	34,6	34,6	34,8	-0,2	Nulo	5 8
200	32,6	32,6	31,6	1,0	Nulo	5 8
250	28,5	28,5	30,6	-2,1	Nulo	5 8
315	28,7	28,7	28,1	0,7	Nulo	5 8
400	30,6	27,6	30,3	-2,7	Nulo	5 8
500	31,8	31,8	28,6	3,2	Neto	3 5
630	32,4	29,7	31,3	-1,7	Nulo	3 5
800	33,2	30,8	30,6	0,2	Nulo	3 5
1000	31,6	31,6	34,6	-3,1	Nulo	3 5
1250	38,4	38,4	35,1	3,3	Nulo	3 5
1600	38,6	38,6	38,7	-0,1	Nulo	3 5
2000	39,1	39,1	39,7	-0,7	Nulo	3 5
2500	40,9	40,9	41,1	-0,3	Nulo	3 5
3150	43,2	43,2	40,7	2,5	Nulo	3 5
4000	40,6	40,6	41,8	-1,2	Nulo	3 5
5000	40,4	40,4	39,7	0,7	Nulo	3 5
6300	38,7	38,7	36,5	2,2	Nulo	3 5
8000	32,6	32,6	33,0	-0,4	Nulo	3 5
10000	27,3	27,3	26,7	0,6	Nulo	3 5

Componente tonal	K_t
Nulo	0 dB
Neto	3 dB
Fuerte	6 dB

K_t
0

El valor del nivel de ruido equivalente ponderado A, medido en el Punto 3 es de 50,5 dB (A), dado que supera en más de 10 dB el nivel del ruido de fondo no se aplicará corrección.

Así mismo, no se aprecian componentes de baja frecuencia, impulsivos o tonales.

Por lo tanto, el valor correspondiente al $L_{keq, día}$ es de 51 dB (A) para un periodo de 600 min.

- Pos. B-07.03, Villamuriel

Tabla 11. Resultados obtenidos Punto 1 periodo DIURNO, Pos. B-07.03

PUNTO 1	T _i	L _{Aeq}	L _{Aeq} corregido	K _f	K _t	K _i	L _{Keq}
FASE 1 ACTIVIDAD DIURNA	840	47,8	47,8 ⁽¹⁾	3 ⁽²⁾	3	0	50,8
RESIDUAL	0	46,2					46,2
L _{keq, día} :51 dB (A)							



- No se ha aplicado la corrección por ruido de fondo ya que la diferencia con el nivel residual es inferior a 3 dB
- Presencia de componente tonal emergente fuerte en el ruido de fondo
- Presencia de componente tonal emergente neto en el ruido de fondo

En el Punto 1 de medida de la Pos. B-7.03 se ha obtenido como resultado el valor de 47,8 dB (A), correspondiente al L_{Aeq}, al ser un resultado con menos de 3 dB de diferencia con respecto al ruido de fondo no se requiere realizar ninguna corrección por éste (1).

Por otro lado, sí que es necesaria la corrección debido a las componentes tonales, aumentando el nivel de presión sonora en 3 dB, aparecen también componentes tonales de baja frecuencia (2), pero al aparecer también en la medida del ruido de fondo no se ha tenido en cuenta, dado que se desconoce su procedencia.

El valor obtenido en el Punto 1 tras las correcciones correspondientes es de 51 dB (A), para un intervalo de tiempo de 840 min.

Tabla 12. Resultados obtenidos Punto 2 periodo DIURNO, Pos. B-07.03

PUNTO 2	T_i	L_{Aeq}	L_{Aeq} corregido	K_f	K_t	K_i	L_{Keq}
FASE 1 ACTIVIDAD DIURNA	840	53,4	52,5	0	0	0	52,5
RESIDUAL	0	46,2					46,2
$L_{keq, día} : 52 \text{ dB (A)}$							

Análisis de componentes de baja frecuencia

L_{Ceq} dB(C)	L_{Aeq} dB(A)	L_f
51,7	52,5	9,2

L_f en dB	K_f
$L_f \leq 10$	0 dB
$10 > L_f \leq 15$	3 dB
$L_f > 15$	6 dB

K_f
0

Análisis de componentes tonales

BANDA Hz	L_{fast}	$L_{fast-res}$	$L_{slow-res}$	$L_{slow-res}$	Tonal	Criterio
20	52,4	52,4	53,2	-0,7	Nulo	8 12
25	54,3	54,3	53,7	0,6	Nulo	8 12
31,5	54,9	54,9	54,1	0,7	Nulo	8 12
40	54,0	54,0	52,9	1,1	Nulo	8 12
50	51,0	51,0	54,9	-3,9	Nulo	8 12
63	55,8	55,8	51,4	4,4	Nulo	8 12
80	51,7	51,7	50,0	1,7	Nulo	8 12
100	44,3	44,3	48,0	-3,7	Nulo	8 12
125	44,3	44,3	42,8	1,5	Nulo	8 12
160	44,3	41,4	43,5	-2,1	Nulo	5 8
200	43,6	42,7	41,0	1,7	Nulo	5 8
250	41,5	40,7	44,2	-3,5	Nulo	5 8
315	46,2	45,6	43,7	1,9	Nulo	5 8
400	46,6	46,6	43,9	2,8	Nulo	5 8
500	43,2	42,1	44,8	-2,6	Nulo	3 5
630	44,3	42,9	43,2	-0,4	Nulo	3 5
800	45,5	44,3	43,5	0,8	Nulo	3 5
1000	45,0	44,1	43,9	0,3	Nulo	3 5
1250	44,2	43,4	43,0	0,4	Nulo	3 5
1600	42,6	41,8	41,9	-0,1	Nulo	3 5
2000	41,1	40,4	40,0	0,3	Nulo	3 5
2500	39,4	38,2	38,4	-0,2	Nulo	3 5
3150	37,7	36,5	36,3	0,1	Nulo	3 5
4000	35,2	34,4	34,9	-0,5	Nulo	3 5
5000	33,3	33,3	32,9	0,4	Nulo	3 5
6300	31,3	31,3	29,7	1,6	Nulo	3 5
8000	26,2	26,2	26,7	-0,5	Nulo	3 5
10000	22,1	22,1	22,0	0,1	Nulo	3 5

Componente tonal	K_t
Nulo	0 dB
Neto	3 dB
Fuerte	6 dB

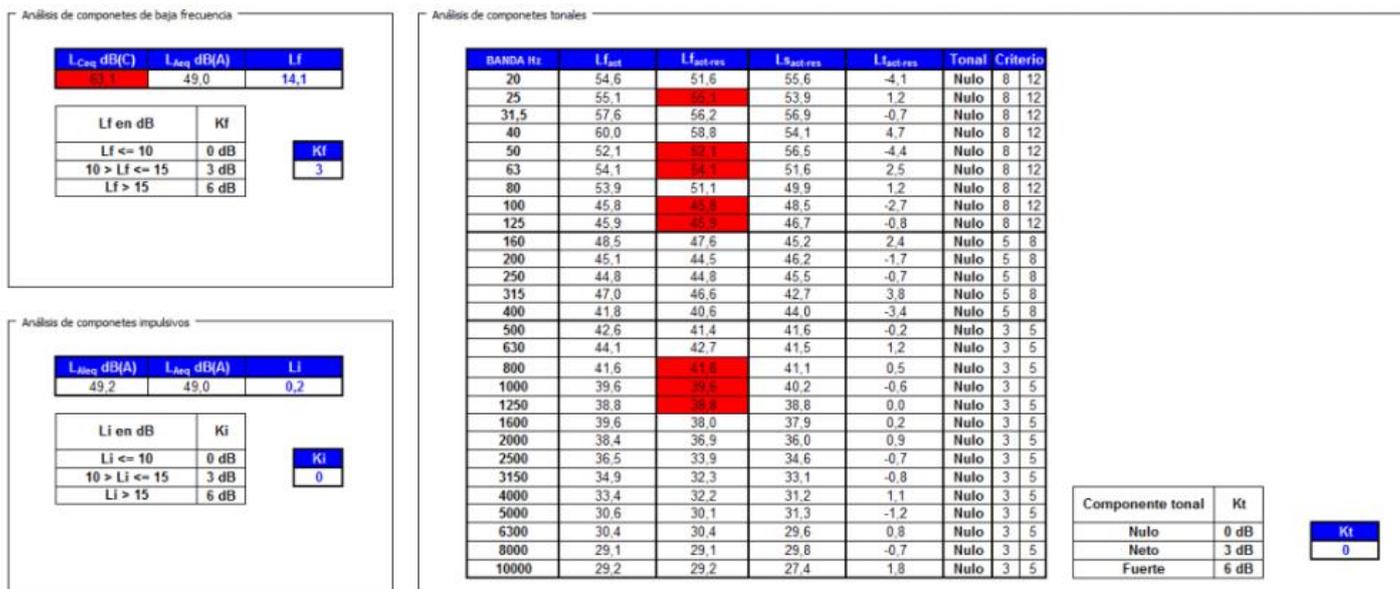
K_t
0

- No se ha aplicado la corrección por ruido de fondo ya que la diferencia con el nivel residual es inferior a 3 dB
- Presencia de componente tonal emergente fuerte en el ruido de fondo
- Presencia de componente tonal emergente neto en el ruido de fondo

En el Punto 2 se ha tenido en cuenta la corrección de ruido, obteniéndose 52,5 dB (A). No se aprecia la necesidad de realizar ninguna corrección más, por lo tanto, el valor de $L_{Keq, día}$ es de 52 dB (A), para un periodo de tiempo de 840 min.

Tabla 13. Resultados obtenidos Punto 3 periodo DIURNO, Pos. B-07.03

PUNTO 3	T_i	L_{Aeq}	L_{Aeq} corregido	K_f	K_t	K_i	L_{Keq}
FASE 1 ACTIVIDAD DIURNA	840	50,8	49,0	3 ⁽²⁾	0	0	49,0
RESIDUAL	0	46,2					46,2
$L_{keq, día} : 49 \text{ dB (A)}$							



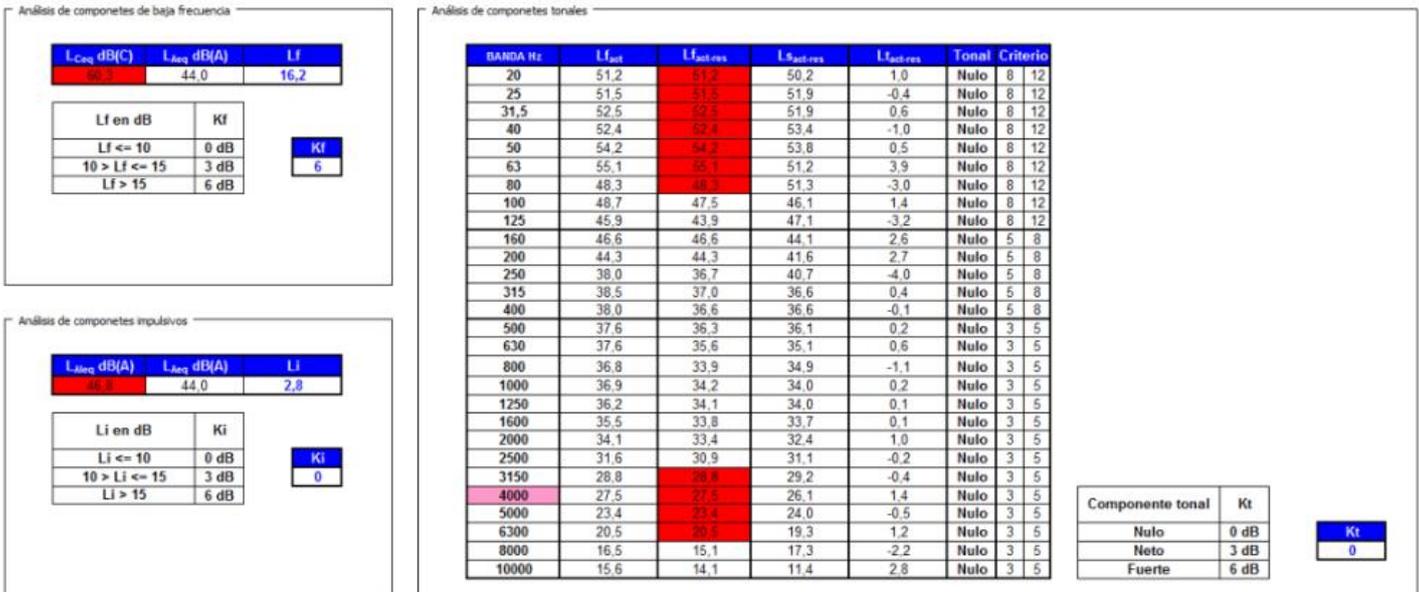
El valor de la medida correspondiente al Punto 3 en periodo diurno es de 50,8 dB (A), y una vez aplicado la corrección por ruido de fondo el valor del L_{Aeq} es de 49 dB (A).

En la medida se pueden apreciar componentes de baja frecuencia (2), pero al encontrarse también en las medidas de ruido de fondo estas no se tendrán en cuenta.

Por lo tanto, el valor correspondiente del Punto 3 correspondiente a un periodo de 840 minutos es de 49 dB (A).

Tabla 14. Resultados obtenidos Punto 1 periodo NOCTURNO, Pos. B-07.03

PUNTO 1	T_i	L_{Aeq}	L_{Aeq} corregido	K_f	K_t	K_i	L_{Keq}
FASE 1 ACTIVIDAD NOCTURNA	600	46,5	44,0	6	0	0	60,0
RESIDUAL	0	42,8					42,8
$L_{keq, día} : 60 \text{ dB (A)}$							



- No se ha aplicado la corrección por ruido de fondo ya que la diferencia con el nivel residual es inferior a 3 dB
- Presencia de componente tonal emergente fuerte en el ruido de fondo
- Presencia de componente tonal emergente neto en el ruido de fondo

El valor correspondiente a la medida por en el Punto 1 en periodo nocturno es de 46,5 dB (A), y una vez corregido por el ruido de fondo el L_{Aeq} resulta 44,0 dB (A).

Dado que la diferencia entre L_{Ceq} dB (C) y L_{Aeq} dB (A) es mayor que 15, la corrección debido a las componentes de baja frecuencia aumenta el nivel de presión sonora en 6 dB.

De esta manera, el valor del nivel equivalente de presión sonora corregido para un periodo de 600 minutos es de 60 dB (A) en el Punto 1.

Tabla 15. Resultados obtenidos Punto 2 periodo NOCTURNO, Pos. B-07.03

PUNTO 2	T _i	L _{Aeq}	L _{Aeq} corregido	K _f	K _t	K _i	L _{Keq}
FASE 1 ACTIVIDAD NOCTURNA	600	52,3	51,8	0	0	0	51,8
RESIDUAL	0	42,8					42,8
L _{keq, día} :52 dB (A)							

Análisis de componentes de baja frecuencia

L _{Aeq} dB(C)	L _{Aeq} dB(A)	L _f
52,3	51,8	9,1

L _f en dB	K _f
L _f ≤ 10	0 dB
10 > L _f ≤ 15	3 dB
L _f > 15	6 dB

K_f
0

Análisis de componentes tonales

BANDA Hz	L _{fondo}	L _{emergente}	L _{neto}	L _{fuerte}	Tonal	Criterio
20	52,0	52,3	51,1	0,9	Nulo	8 12
25	53,9	53,9	53,6	0,3	Nulo	8 12
31,5	55,3	55,3	52,4	2,8	Nulo	8 12
40	53,3	50,9	55,5	-4,5	Nulo	8 12
50	55,7	55,7	51,6	4,1	Nulo	8 12
63	52,3	52,3	52,1	0,2	Nulo	8 12
80	48,5	48,5	48,8	-0,2	Nulo	8 12
100	45,2	45,2	45,6	-0,4	Nulo	8 12
125	42,7	42,7	43,3	-0,6	Nulo	8 12
160	42,3	41,4	41,0	0,4	Nulo	5 8
200	40,4	39,4	40,5	-1,1	Nulo	5 8
250	40,4	39,6	42,4	-2,8	Nulo	5 8
315	45,5	45,5	42,3	3,3	Nulo	5 8
400	44,9	44,9	43,7	1,2	Nulo	5 8
500	41,9	41,9	43,4	-1,5	Nulo	3 5
630	42,5	41,9	42,3	-0,3	Nulo	3 5
800	43,2	42,7	42,2	0,5	Nulo	3 5
1000	43,0	42,5	43,3	-0,8	Nulo	3 5
1250	43,8	43,8	42,2	1,7	Nulo	3 5
1600	41,9	41,9	42,3	-0,4	Nulo	3 5
2000	40,7	40,7	40,7	0,0	Nulo	3 5
2500	39,6	39,6	38,7	0,9	Nulo	3 5
3150	37,3	36,7	37,4	-0,7	Nulo	3 5
4000	35,2	35,2	34,8	0,3	Nulo	3 5
5000	34,6	33,0	34,4	-1,4	Nulo	3 5
6300	33,7	33,7	30,8	2,8	Nulo	3 5
8000	28,7	28,7	29,2	-0,5	Nulo	3 5
10000	24,7	24,7	24,9	-0,2	Nulo	3 5

Componente tonal	K _t
Nulo	0 dB
Neto	3 dB
Fuerte	6 dB

K_t
0

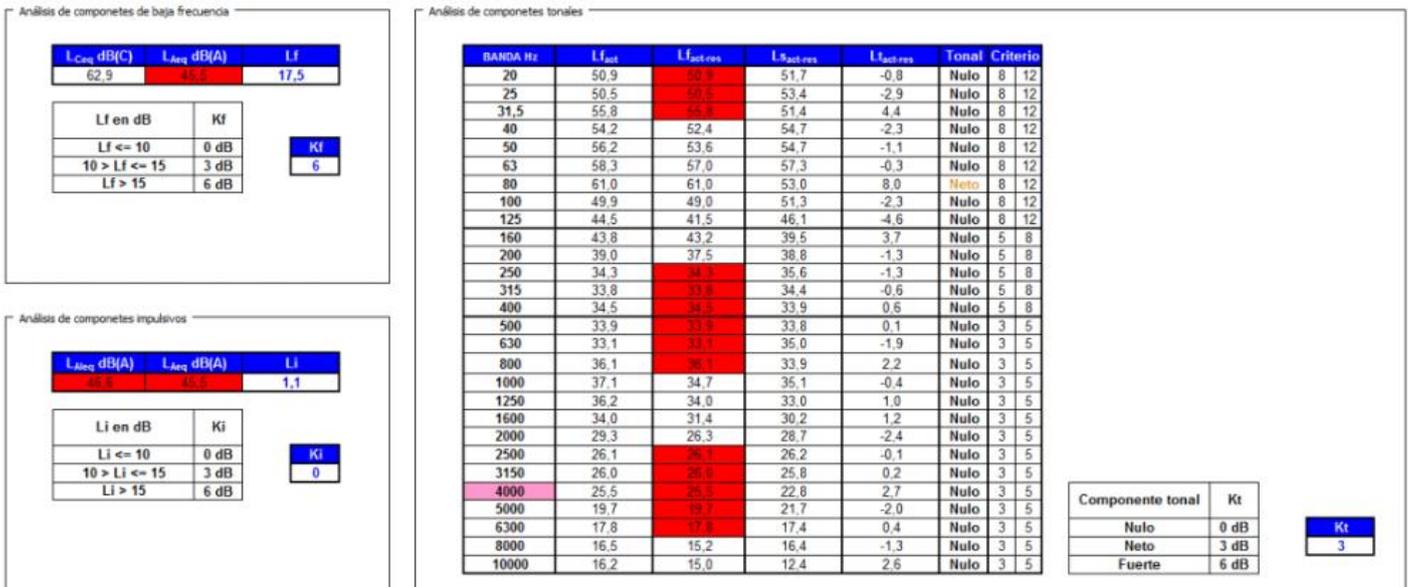
- No se ha aplicado la corrección por ruido de fondo ya que la diferencia con el nivel residual es inferior a 3 dB
- Presencia de componente tonal emergente fuerte en el ruido de fondo
- Presencia de componente tonal emergente neto en el ruido de fondo

En este caso si se procede a la corrección por ruido de fondo determinándose un valor del L_{Aeq} corregido de 51,8 dB (A).

Dado que no existen componentes de baja frecuencia, impulsivos o tonales, el resultado en el Punto 2 es de 52 dB (A) para un periodo de 600 min.

Tabla 16. Resultados obtenidos Punto 3 periodo NOCTURNO, Pos. B-07.03

PUNTO 3	T_i	L_{Aeq}	L_{Aeq} corregido	K_f	K_t	K_i	L_{Keq}
FASE 1 ACTIVIDAD NOCTURNA	600	45,5	45,5 ⁽¹⁾	6	3	0	54,5
RESIDUAL	0	42,8					42,8
$L_{keq, día} : 55 \text{ dB (A)}$							



- No se ha aplicado la corrección por ruido de fondo ya que la diferencia con el nivel residual es inferior a 3 dB
- Presencia de componente tonal emergente fuerte en el ruido de fondo
- Presencia de componente tonal emergente neto en el ruido de fondo

En el Punto 3 de medición no se tiene en cuenta la corrección por ruido de fondo dado a que la diferencia entre este y el L_{Aeq} es inferior a 3 dB, siendo el resultado de la medición 45,5 dB (A).

En este caso se debe realizar una corrección por componentes de baja frecuencia de 6 dB y otros 3 dB por los componentes tonales.

De este modo, el resultado correspondiente al nivel de presión sonora equivalente corregido es de 55 dB (A) para un periodo de 600 minutos.

11. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS

A continuación se muestran las evaluaciones correspondientes a los distintos puntos que se han tomado en las instalaciones para cada periodo de la actividad, según los Valores Límites establecidos en la Ley 5/2009 de Ruido en Castilla y León.

El periodo diurno corresponde al intervalo de tiempo desde las 8:00 h hasta las 22:00 horas, y el nocturno entre las 22:00 y las 8:00 horas.

El índice utilizado para la evaluación del ruido ambiental ha sido el $L_{Keq, dia}$ en dB (A).

- Pos. B-7.05, Cigales

Tabla 17. Evaluación de los resultados obtenidos periodo DIURNO, Pos. B-07.05

Periodo Diurno			
PUNTO	L	Valor límite en dB (A)	Evaluación
1	45 dB (A)	65	CUMPLE
2	52 dB (A)	65	CUMPLE
3	57 dB (A)	65	CUMPLE

Tabla 18. Evaluación de los resultados obtenidos periodo NOCTURNO, Pos. B-07.05

Periodo Nocturno			
PUNTO	L	Valor límite en dB (A)	Evaluación
1	48	55	CUMPLE
2	53	55	CUMPLE
3	51	55	CUMPLE

- Pos. B-7.03, Villamuriel

Tabla 19. Evaluación de los resultados obtenidos periodo DIURNO, Pos. B-07.03

Periodo Diurno			
PUNTO	L	Valor límite en dB (A)	Evaluación
1	51	65	CUMPLE
2	52	65	CUMPLE
3	49	65	CUMPLE

Tabla 20. Evaluación de los resultados obtenidos periodo NOCTURNO, Pos. B-07.03

Periodo Nocturno			
PUNTO	L	Valor límite en dB (A)	Evaluación
1	60	55	NO CUMPLE
2	52	55	CUMPLE
3	55	55	NO CUMPLE

12. CONCLUSIONES

Se concluye que:

- Para la instalación perteneciente a Enagás Transporte, S.A.U.; situada en la posición B-7.05 en la localidad de Cigales (Valladolid), en el momento de la realización de las mediciones y en las condiciones descritas anteriormente:

Horario diurno

Para todos los puntos, el nivel procedente de la actividad no supera el límite definido para la zonificación y horario, por lo que el resultado cumple con los límites aplicables.

Horario nocturno

Para todos los puntos, el nivel procedente de la actividad no supera el límite definido para la zonificación y horario, por lo que el resultado cumple con los límites aplicables.

- Para la instalación situada en la posición B-7.03 en la localidad de Villamuriel de Cerrato (Palencia), en el momento de la realización de las mediciones y en las condiciones descritas anteriormente:

Horario diurno

Para todos los puntos, el nivel procedente de la actividad no supera el límite definido para la zonificación y horario, por lo que el resultado cumple con los límites aplicables.

Horario nocturno

Para dos de los tres puntos, el nivel procedente de la actividad supera el límite definido para la zonificación y horario, por lo que el resultado no cumple con los límites aplicables.

Por lo anteriormente expuesto, la instalación situada en la posición B-7.05 en la localidad de Cigales (Valladolid), da cumplimiento a los valores límites definidos en la Ley 5/2009, de 4 de Junio, del Ruido de Castilla y León.

Sin embargo, la instalación situada en la posición B-7.03 en la localidad de Villamuriel de Cerrato (Palencia), no da cumplimiento a los valores límites definidos en la Ley 5/2009, de 4 de Junio, del Ruido de Castilla y León. Por esta razón se han propuesto las siguientes medidas para minimizar y corregir los valores de inmisión de ruido ambiental de la instalación:

- .Silenciadores en las turbinas que regulan la presión del gas en los conductos.
- Pantalla acústica en los laterales del perímetro que superan el valor del límite de ruido ambiental.
- Limitación del caudal de gas.

13. BIBLIOGRAFÍA

- Ley 5/2009, de 4 de Junio, del Ruido en Castilla y León.
- Enagás: Manual de Gestión de la Prevención de Riesgos Laborales, Calidad y Medio Ambiente de la Dirección de Transporte.
- Enagás: Acta de Constitución del Servicio de Prevención Mancomunado.
- Guía práctica para el Análisis y la Gestión del ruido industrial, R.R. Naf Cortés (2013).
- Conceptos básicos del ruido ambiental, MAPAMA.

ANEXO I

CROQUIS DE LA SITUACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDIDA



Ilustración 23. Pos. B-07.05. croquis de la actividad y de los puntos de medida



Ilustración 14. Pos. B-07.03. croquis de la actividad y de los puntos de medida