

Í MAPA DE RUIDO DE OCIO DE LA CIUDAD DE MURCIAÎ

AUTORES

Juan Manuel Martínez Martínez (Ayuntamiento de Murcia, Servicio de Medio Ambiente); Fuensanta Vizquete Cano (Ayuntamiento de Murcia, Servicio de Medio Ambiente); Antonio Javier Navarro Corchón (Ayuntamiento de Murcia, Concejalía de Urbanismo, Medio Ambiente, Agua y Huerta); Francisco Carpe Ristol (Ayuntamiento de Murcia, Servicio de Medio Ambiente); Fernando López Santos (SINCOSUR Ingeniería Sostenible, S.L.); Isabel Giménez Anaya (SINCOSUR Ingeniería Sostenible, S.L.).

ABSTRACT

Conforme al compromiso establecido en la Ordenanza de Ruidos del Municipio de Murcia de 24 de noviembre de 2014, los acuerdos adoptados en el Consejo Sectorial del Ruido de 6 de septiembre de 2016, y como complemento de los Mapas Estratégicos de Ruido previstos en la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, el Ayuntamiento de Murcia ha elaborado durante 2016-2017 el Mapa de Ruido de Ocio de la zona centro de la Ciudad de Murcia.

Para su elaboración se ha desarrollado una metodología específica en el marco de los requisitos fijados por la normativa (Ley del Ruido y Reales Decretos 1513/2005 y 1367/2007 de desarrollo), a través de la monitorización en continuo del nivel sonoro equivalente asociado a las fuentes de ocio en una serie de puntos representativos de la zona de estudio, seleccionados en base a un análisis previo en función de parámetros como representatividad de la actividad de ocio, disponibilidad de estructuras soporte, línea eléctrica y ausencia de tráfico intenso, así como la caracterización de dichas fuentes de forma paralela mediante la realización de mediciones en emisión. El uso posterior del modelo ISO 9613-2 para Ruido Industrial, implementado en el Software Predictor 11.0, así como herramientas GIS de código abierto (gVSI 2.0) y procedimientos para diferenciación de otras fuentes de ruido no derivadas del ocio (tráfico, limpieza urbana, etc.), ha permitido determinar las isófonas asociadas al ruido de ocio en las zonas de estudio para los distintos periodos especificados en la normativa (día, tarde y noche).

El análisis de los resultados ha hecho posible definir las zonas de conflicto y periodos en los que se produce el incumplimiento de los objetivos de calidad acústica especificados en la normativa (R.D. 1367/2007 y Ordenanza de Ruidos), así como la población afectada. Gracias a ello, se han delimitado las Zonas de Protección Acústica Especial (ZPAEs) y se ha elaborado el correspondiente Plan Zonal Específico para la reducción progresiva de los niveles sonoros, con el fin de alcanzar los objetivos de calidad acústica que les sean de aplicación.

PALABRAS CLAVE

Mapas de ruido; ruido de ocio; modelos acústicos; isófonas; zonas protección acústica especial (ZPAE); plan zonal

INTRODUCCIÓN, ANTECEDENTES Y NORMATIVA APLICADA

En cumplimiento de los compromisos establecidos en la Ordenanza de Ruidos del Municipio de Murcia de 24 de noviembre de 2014, el Ayuntamiento de Murcia aprobó por Junta de Gobierno de fecha 24/06/2016, la adjudicación a Sincosur Ingeniería Sostenible, S.L. el servicio de *elaboración del Mapa de Ruido de Ocio de la Ciudad de Murcia* (MRO)

Dicho servicio tiene por objeto la realización de medidas de ruido en determinados puntos del municipio, el análisis y tratamiento de los datos obtenidos, y la elaboración de la cartografía acústica asociada al ruido de actividades de ocio, con el fin de que el Ayuntamiento de Murcia, y en concreto el Servicio de Medio Ambiente, pueda conocer y gestionar los niveles sonoros producidos por la fuente a analizar, de acuerdo con lo establecido en la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, y su normativa de desarrollo, así como dar cumplimiento a la Disposición Final de la Ordenanza de Ruidos, según la cual, *el Ayuntamiento de Murcia elaborará los mapas de ocio de las zonas de Especial Protección Medioambiental de la antigua Ordenanza de Ruidos, así como de las zonas en las que se detecten problemas de ruido por esta causa*, a los efectos de determinar los correspondientes Planes Zonales Específicos y declarar las Zonas de Protección Acústica Especial (ZPAE) del municipio adaptadas a la Ley del Ruido y sus Reales Decretos de desarrollo.

Normativa:

La normativa considerada para la ejecución de los trabajos ha sido:

- **Directiva 2002/49/CE** del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental.
- **Ley 37/2003**, de 17 de noviembre, del Ruido y sus desarrollos reglamentarios:
 - **Real Decreto 1513/2005**, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental.
 - **Real Decreto 1367/2007**, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.
 - **Real Decreto 1038/2012**, de 6 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.
- **Ordenanza de Protección del Medio Ambiente contra la emisión de ruidos y vibraciones de la Ciudad de Murcia de 24 de noviembre de 2014** (BORM nº 282, de 09/12/2014).
- **Reglamento del Consejo Sectorial sobre el Ruido de 12 de mayo de 2016** (BORM nº 130, de 06/06/2016)

METODOLOGÍA

Se ha seguido un esquema metodológico basado en la definición inicial de la zona de estudio, identificación de las fuentes y realización de mediciones acústicas. Posteriormente, los datos obtenidos se han sometido a un tratamiento para descartar errores de medida, valores inadecuados por condiciones meteorológicas o bien interferencias de otras fuentes acústicas distintas de las estudiadas. Una vez seleccionado el método para desarrollar el modelo acústico, se ha procedido a su implementación mediante el software disponible, y una vez obtenidas las isófonas se ha realizado un análisis y tratamiento PostGIS de las mismas para evaluar los resultados,

determinar superaciones de los Valores Objetivo de Calidad Acústica (VOCA) y finalmente, delimitar las ZPAE y elaborar los Planes Zonales, de acuerdo con el siguiente esquema:



Imagen 1: Metodología de elaboración del MRO.

DEFINICIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

A través de la anterior *Ordenanza de Protección del Medio Ambiente frente a la emisión de Ruidos y Vibraciones* del año 2000, el Ayuntamiento de Murcia definió una serie de *Zonas de Especial Protección Medio Ambiental* (ZEPM), en las cuales se establecieron restricciones en el funcionamiento de distintos tipos de actividades, especialmente en lo referente al ruido, dada la concentración de las actividades de ocio (principalmente cafeterías y bares de copas) en dichas zonas.

Durante el año 2014, y en el marco del programa de formación de la Comisión Europea *Leonardo Da Vinci+*, se realizó un inventario georreferenciado en la zona centro de la ciudad de las actividades asociadas al ocio, permitiendo determinar dónde estaban concentradas dichas actividades. Esta distribución sirvió como punto de partida, en conjunción con las definidas como ZEPM, para la determinación del ámbito de estudio del MRO

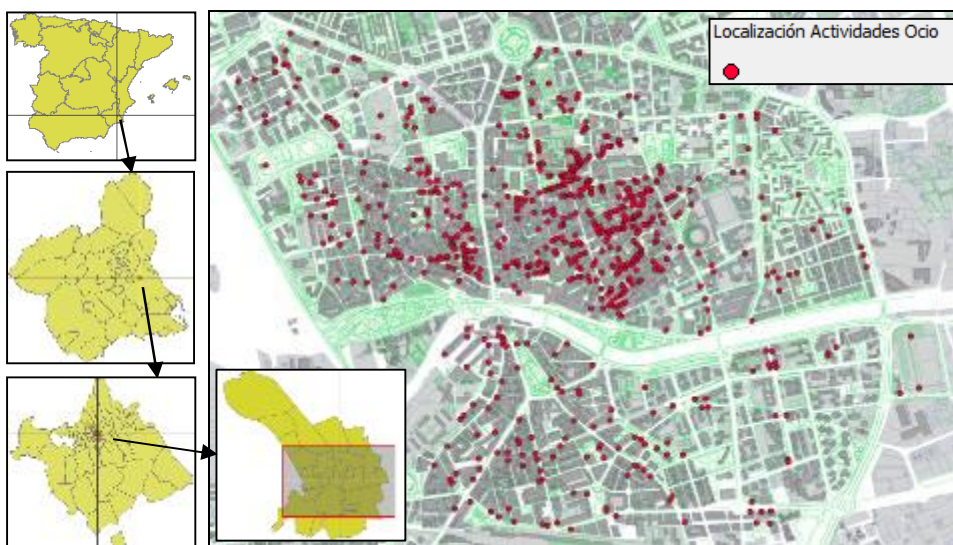


Imagen 2: Localización de actividades asociadas al ocio en la zona centro de la Ciudad de Murcia.

Una vez superpuestas las antiguas ZEPM sobre el inventario actualizado, se observó la existencia de otras zonas de alta concentración de actividades para las que no se había establecido protección con anterioridad, dado que no eran problemáticas, por lo que finalmente, sobre el ámbito inicial se definieron tres sectores de estudio que incluían algunas de las anteriores ZEPM, así como zonas donde durante los últimos años se ha producido un alto nivel de implantación de este tipo de actividades.

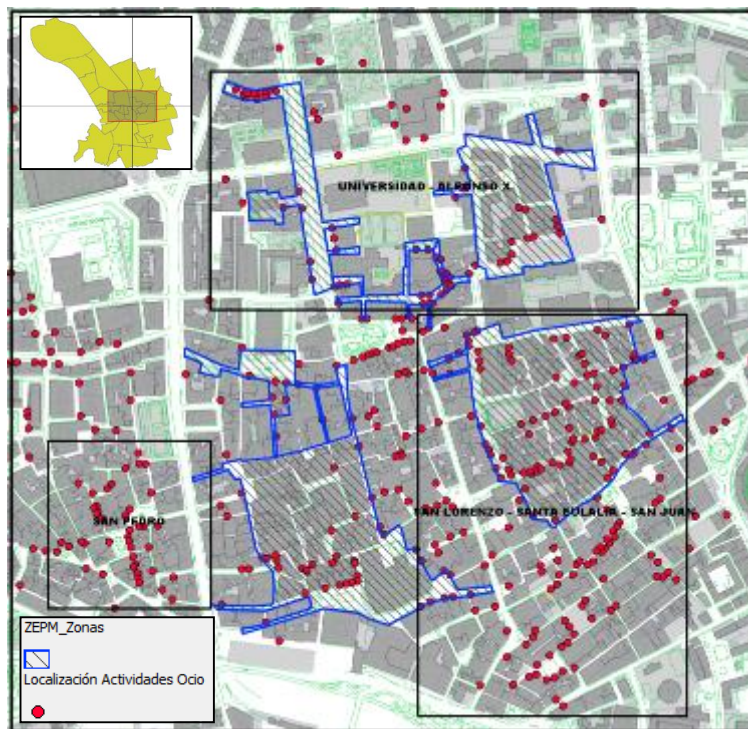


Imagen 3: Ámbito y sectores de estudio del MRO vs distribución de actividades y Zonas ZPMA.

INVENTARIO DE FUENTES DE RUIDO

A partir de la definición de los sectores de estudio, se llevó a cabo un inventario detallado de las fuentes de ruido asociadas al ocio.

Dado que una identificación de fuentes exhaustiva teniendo en cuenta la altura de cada uno de los emisores y su ubicación, la variabilidad de las mismas en el tiempo y en el espacio, así como el hecho de que puedan ser móviles (personas trasladándose de un lugar a otro, camareros, etc.), hubiera sido desproporcionada e impracticable tanto económica como temporalmente, no siendo tampoco necesaria de acuerdo con los criterios y requisitos recogidos en la normativa de aplicación, se tuvo que recurrir a simplificaciones.

Basándonos en el hecho de que la norma ISO 9613-2¹ permite la simplificación de fuentes lineales y superficiales, mediante descomposición de las mismas, en otras más pequeñas cuyo emisor asociado sería el punto central, se ha optado por aplicar este método para la caracterización de las fuentes.

De esta forma, en el modelo utilizado para el desarrollo del MRO, se han caracterizado dos tipologías de fuentes, asimilando las terrazas a Fuentes Superficiales+ y las acumulaciones de personas distribuidas linealmente en una calle a Fuentes Lineales+

¹ Método recomendado por el RD 1513/2005 para la evaluación de Ruido industrial.

Fuentes Lineales.

Esta tipología de fuentes ha sido asociada al ruido de ocio ocasionado por la concentración de personas a pie en la vía pública, así como desplazamientos de personas entre distintos lugares de ocio.

Se han inventariado un total de 17 fuentes lineales caracterizadas mediante mediciones de corta duración a lo largo de la fuente (con el fin de evitar la influencia de otros tipos de emisores, como tráfico, limpieza urbana, obras, etc) en situación de actividad para cada periodo de estudio².

Fuentes Superficiales.

Esta tipología de fuentes ha sido asociada al ruido de ocio ocasionado por la concentración de personas en terrazas y veladores en la vía pública.

Para las situaciones mixtas, en las que se da el caso de mezcla de terrazas y veladores con personas de pie incorporadas a su alrededor, se ha optado por caracterizar el conjunto como fuentes superficiales. De esta forma, se han inventariado un total de 60 fuentes superficiales caracterizadas mediante mediciones de corta duración alrededor de la fuente³, en situación de actividad.



Imagen 4: Fuentes Superficiales y Superficiales del MRO. Detalle Fuente Lineal c/ Enrique Villar y Superficial Pza. Universidad.

² Día, tarde y noche, de acuerdo con lo previsto en la Ley del Ruido y sus Reales Decretos de desarrollo.

³ Para la caracterización de fuentes superficiales, el número de mediciones en torno a las mismas ha variado en función de su extensión, desde un único punto de medida hasta 6 ubicaciones en las terrazas de mayor superficie.

PLAN DE MONITORIZACIÓN ACÚSTICA. MEDICIONES EFECTUADAS

Mediante el análisis a largo plazo del registro sonoro de un territorio, se pueden observar comportamientos periódicos en las variaciones acústicas. Con respecto al ruido generado por las actividades de ocio ocurre de forma similar, siendo más pronunciado en los días festivos y vísperas, si bien implica cierta complejidad diferenciar, a través de dicho análisis, entre las distintas fuentes emisoras (tráfico, ocio, limpieza, etcó), dado que las estaciones no pueden, a priori, discriminar entre los distintos tipos. Debido a esto, de forma paralela a la monitorización a largo plazo, es necesaria la realización de medidas de corta duración para la caracterización de los distintos tipos de fuentes, sin interferencia de otros emisores acústicos, así como la recopilación de datos acústicos de otras fuentes y elaboración de otra tipología de modelos, como por ejemplo, el de ruido de tráfico.

De esta forma, para la caracterización acústica de la zona de estudio se ha procedido, por un lado a la realización de mediciones de larga duración (mínimo 3 semanas), mediante estaciones de monitorización en continuo ubicadas en puntos estratégicos con el fin de disponer del perfil acústico a largo plazo de las zonas de ocio, y por otro, al muestreo mediante mediciones de corta duración, con el objeto de delimitar las zonas de ocio, caracterizar acústicamente los emisores, y disponer de registros sonoros suficientes para calibrar el posterior modelo acústico.

Medidas de larga duración. Estaciones de monitorización en continuo.

Para la caracterización acústica a largo plazo de las zonas de ocio, se han realizado mediciones de larga duración durante un mínimo de 3 semanas en 20 ubicaciones del ámbito de estudio.



Imagen 5: Ubicación Estaciones de Monitorización en continuo en el ámbito de estudio

Las estaciones se han ubicado a una altura de 4m, de acuerdo con lo establecido en el Anexo II del RD 1513/2005, en lo que respecta a la altura de referencia para los Objetivos

de Calidad Acústica. Cada una de ellas incorpora un sonómetro de tipo 1/clase 1⁴, y una estación meteorológica, teniendo capacidad para realizar registros cada minuto de nivel de presión sonora (LAeq1min), T^a (°C), humedad (%), velocidad (m/s) y dirección del viento (0-360°) y precipitación (mm). Las ubicaciones se han seleccionado en el entorno de zonas de ocio, y en la medida de lo posible alejadas de viales que pudieran generar interferencias por ruido de tráfico.

La selección del intervalo temporal mínimo de 3 semanas para el muestreo tiene su justificación en llegar a un compromiso entre representatividad, viabilidad económica y periodo de ejecución de los trabajos.

Se consideró la semana, como unidad básica a la hora de distribuir el tiempo laboral y de ocio⁵, por el contraste entre el ruido asociado al periodo lunes-jueves respecto al del fin de semana. A efectos de tener garantías y poder detectar desviaciones y/o mejorar la precisión a la hora de evaluar los resultados, se debía contar con un muestreo de varias unidades básicas. No obstante, el número venía limitado principalmente por el periodo de ejecución de los trabajos, dado que el objetivo inicial era realizar el muestreo en un máximo de 4 meses, para evitar llegar a periodos vacacionales en los que variaciones importantes de población hubieran podido introducir incertidumbre en los resultados, y por el número de estaciones simultáneas disponibles (entre 5 y 6) dado que una importante carga económica de los trabajos contratados correspondía al alquiler de las mismas. Finalmente, por diversos motivos relacionados con meteorología adversa, acumulación de días festivos, logística e incluso fallos de software en alguna estación, el muestreo osciló entre 3 y 6 semanas para cada ubicación, con el fin de obtener datos de un periodo lo suficientemente representativo.

Medidas de corta duración.

Se han realizado un total de **3.600 mediciones** de corta duración destinadas a diferentes objetivos en el estudio:

- **466 mediciones** para la caracterización de fuentes lineales y de área, para cada periodo de estudio, tomadas junto a dichas fuentes en situaciones de actividad.
- **2920 mediciones** para calibración del modelo, tomadas a varias distancias de las fuentes con el fin de estudiar la atenuación acústica del modelo.
- **214 mediciones** para la delimitación de las zonas de ocio, mediante identificación de descenso de los niveles de ruido asociados al ocio, y aparición de ruido de fondo de otras tipologías.

Dichas medidas se han realizado conforme a los procedimientos establecidos en el *Anexo IV del Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas* y las normas ISO 1996-1/2, mediante sonómetro y calibrador de tipo 1/clase 1 y a una altura de 1,5 sobre el nivel del suelo.

⁴ Cumpliendo con los requisitos descritos en las normas UNE-EN-60651:1996 y UNE-EN-60651A1:1997 (sonómetros convencionales)

⁵ Independientemente de que para desarrollar el modelo acústico, sea necesario disponer de un “día tipo” y sus índices promedio L_d , L_e y L_n .

Todas las mediciones de corta duración, se han realizado en ausencia de tráfico de vehículos u otras fuentes de ruido distintas del ocio que pudieran causar interferencia, con el fin de generar un modelo específico de ruido de ocio.

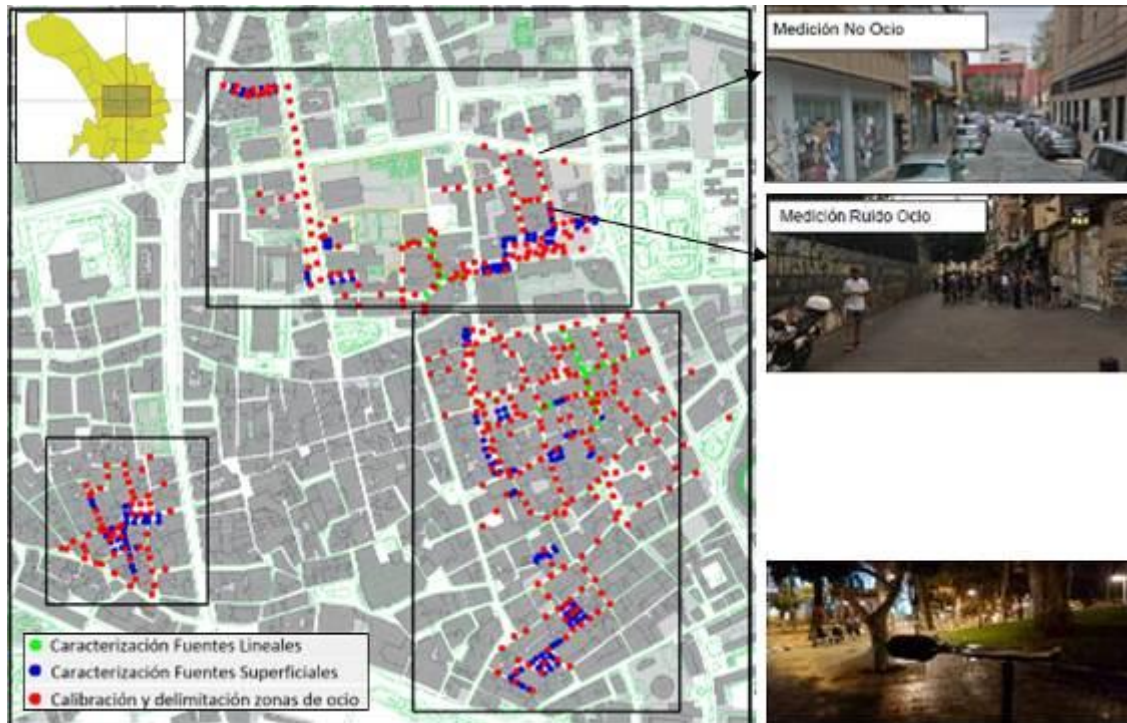


Imagen 6: Localización mediciones de corta duración, e identificación de mediciones para delimitación zonas de ocio

TRATAMIENTO DE DATOS

Los datos obtenidos, tanto de las estaciones de monitorización en continuo como de las mediciones de corta duración, se han sometido a un procesado para su posterior uso en el desarrollo del modelo acústico.

Para los datos en continuo, se ha realizado un proceso de filtrado con el fin de desestimar aquellas mediciones que:

- Se han tomado en condiciones meteorológicas adversas, como lluvia intensa o velocidades del viento superiores a 5m/s
- Coincidían con días especiales o festivos (24, 25, 31 diciembre, 1 enero y fiestas locales).

A partir de los datos procesados, se obtuvieron gráficas de datos globales, evolución semanal, comparación entre la evolución diaria de los distintos días de la semana, comparación entre el promedio de días laborales (lunes, martes, miércoles) vs días asociados al ocio (jueves, viernes, sábado y domingo), así como evolución durante 24h (día tipo), resultado de promediar las medidas realizadas cada minuto durante todo el tiempo de funcionamiento de la estación

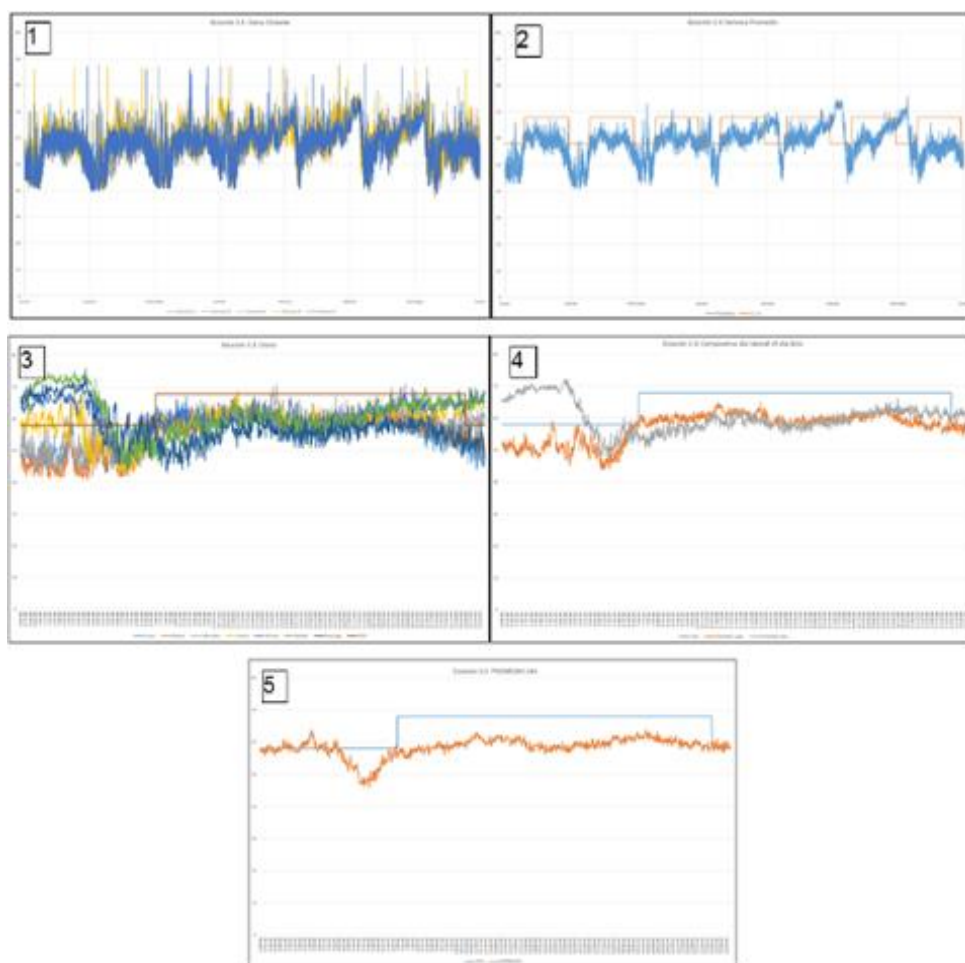


Imagen 7: Gráficas resultado del procesado de datos de la Estación 3.3. 1) Datos Globales; 2) Evolución Semana Promedio; 3) Evolución diaria promedio de los distintos días de la semana; 4) Comparación promedio días laborales vs ocio; 5) promedio día tipo.

Para la caracterización de fuentes, a partir del conjunto de mediciones asociadas a las mismas, se ha calculado el espectro resultante en tercios de octava en términos de potencia sonora (L_w). Para ello, a partir de los espectros de presión sonora (L_p) de cada una de las medidas realizadas para cada fuente, se ha calculado el promedio energético de cada tercio de octava mediante la expresión:

$$Leq (nivel) = 10 \cdot \log \left(\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \left(10^{\frac{L_i}{10}} \right) \right)$$

Posteriormente, de acuerdo con la relación entre el nivel de potencia acústica (L_w) de la fuente y la presión sonora (L_p) originada a una distancia r^6 de la misma, se ha determinado el espectro resultante en términos de potencia acústica:

⁶ Las distancias a las cuales se ha medido la L_p para cada fuente estudiada han oscilado entre los 0,5m y 1,5m

$$L_W = L_p + 10 \cdot \log r + 8$$

De esta forma, para cada fuente se ha cumplimentado una ficha en la que se incluye la denominación de la fuente, la ubicación, tipología, número de mesas y sillas asociadas, así como el nivel sonoro equivalente (LA_{eq}) de cada una de las medidas que caracterizan la fuente y el espectro de potencia acústica resultante

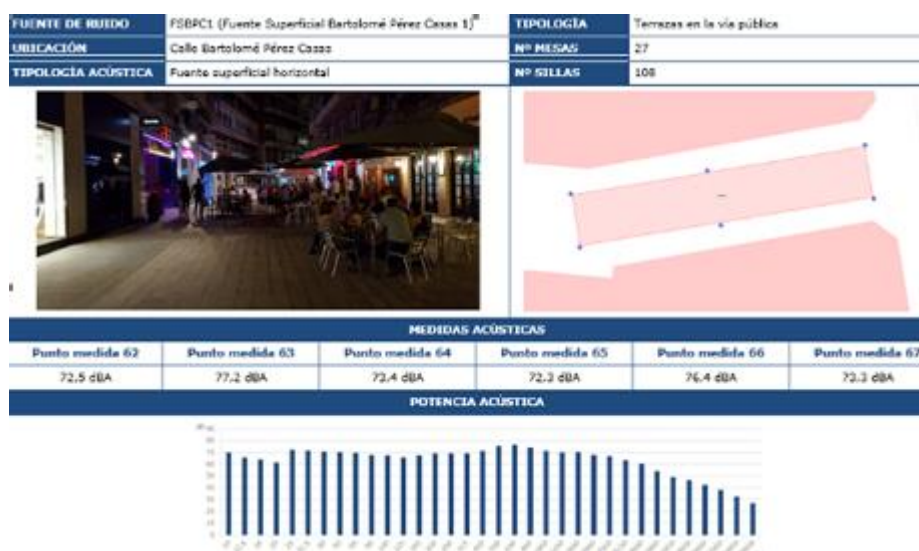


Imagen 8: Ficha tipo de Fuente superficial FSBPC1

CONSIDERACIONES ACERCA DE LA INTERFERENCIA GENERADA POR OTROS TIPOS DE RUIDO DISTINTOS DEL OCIO

Dado que las Estaciones de medida en continuo no distinguen a priori entre las tipologías de ruido, uno de los principales problemas encontrados durante el desarrollo de los trabajos ha sido precisamente el aislar en la medida de lo posible, el ruido asociado a las fuentes de ocio del resto de emisores.

En algunos casos, determinados eventos aislados no programados han sido imposibles de predecir, si bien en los casos específicos de limpieza viaria en horario nocturno y en aquellas estaciones en las que no ha sido posible la ubicación lo suficientemente lejos de viales que pudieran generar interferencias por tráfico⁷, se han aplicado las siguientes metodologías:

Limpieza viaria.

Para poder discriminar el ruido derivado de la limpieza viaria⁸, que afecta a todas las estaciones, se ha procedido al estudio del perfil acústico de cada una de ellas, así como a la comprobación de horarios aportados por el Servicio de Limpieza Urbana y Gestión de Residuos e inspecciones en campo. Como resultado, se encontró que, durante la madrugada del lunes al martes, en la que claramente no hay ruido asociado al ocio, ni de

⁷ Concretamente, se ha tenido que corregir por ruido de tráfico en 2 estaciones: La 1.2 y la 5.1

⁸ Nos referimos a limpieza en horario nocturno, entre 00:00 y 07:00 horas, distinguible a partir del perfil acústico de la estación, dado que la diurna requiere un seguimiento detallado en campo, debido a la interferencia con otras tipologías de ruidos.

tráfico por la selección adecuada de la ubicación, son fácilmente identificables los picos asociados a limpieza viaria.

De esta forma, a partir de un día tipo, se ha procedido a determinar dichos picos. La diferencia encontrada entre L_{n+LV} y L_{n-LV} , se ha restado del L_n calculado para todos los periodos noche de la estación de cara a evaluar el cumplimiento del artículo 15b⁹ del RD 1367/2007, así como de los registros de cada una de las estaciones a partir de la hora de finalización del ocio nocturno, a la hora de procesar las medidas para calibración del modelo.

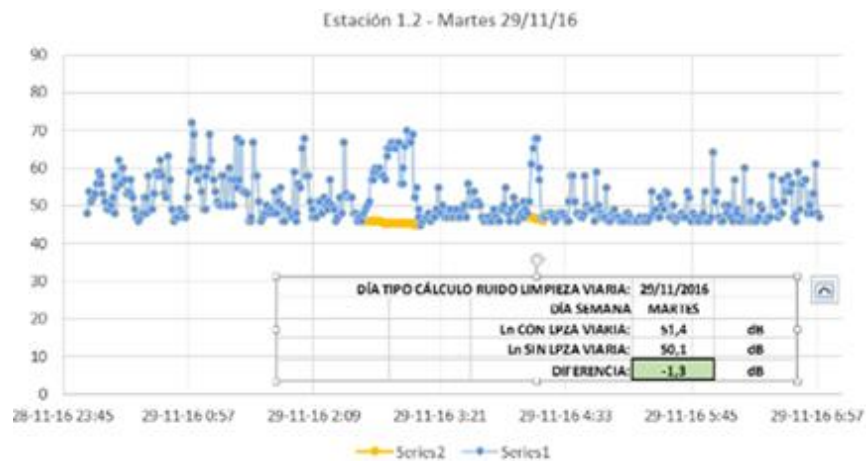


Imagen 9: Determinación de picos asociados a Limpieza Viaria y cálculo corrección para la Estación 1.2

Tráfico rodado.

Para la segregación del tráfico del ruido total medido por las estaciones de monitorización afectadas por éste, se ha procedido a generar un modelo de tráfico viario de la zona, de manera similar a como se obtuvo el Mapa Estratégico del Municipio de Murcia, año 2011, fase 2. A partir de este modelo, se han determinado los niveles de ruido promedio diarios derivados del tráfico a la altura de 4m, y se ha procedido a restarlo¹⁰ del medido por dicha estación en cada uno de los periodos de referencia, a efectos de evaluar el cumplimiento del artículo 15.b del RD 1367/2007.

⁹ En el apartado "Análisis de resultados", se detalla la metodología de dicha evaluación.

¹⁰ Resta energética.



Imagen 10: Determinación de niveles acústicos asociados al tráfico en periodos día, tarde y noche, en Gran Vía Alfonso X y Estación 1.2. a 4m de altura.

ELABORACIÓN DEL MODELO ACÚSTICO

Si bien tanto la Directiva 2002/49/CE como la legislación estatal, definen unos métodos recomendados para la caracterización acústica de las fuentes de ruido tráfico rodado, ferroviario, aeroportuario e industrial, al ser éstas las que han de contemplarse en los mapas de ruido estratégicos, no lo hacen para la caracterización del ruido procedente de las zonas de ocio.

Para poder evaluar el nivel acústico de estas actividades de ocio, se ha utilizado el método de cálculo aceptado para la simulación de fuentes industriales, ISO 9613-2, implementado en el software de predicción acústica empleado para modelizar (PREDICTOR 11.0 / CADNA 2017- Build 157.4701), considerándose como el más adecuado, dado que permite asignar a las distintas fuentes de ruido las potencias obtenidas por métodos de medición *in situ*. Se han tenido también en cuenta las indicaciones de la norma ISO 9613-2, así como las *Recomendaciones de la Comisión, de 6 de agosto de 2003, relativa a orientaciones sobre los métodos de cálculo provisionales revisados para el ruido industrial*, y la *Guía de Buenas Prácticas para la Realización de Mapas de Ruido y la Producción de Datos Asociados a la Exposición al Ruido* (Versión 2, 13/01/2006) del Grupo de Trabajo Asesor sobre Exposición al Ruido de la Comisión Europea.

Modelo Geométrico.

La construcción del modelo geométrico se ha llevado a cabo incorporando gradualmente los elementos el software de predicción acústica, previa revisión en campo y posterior tratamiento cartográfico, con el objeto de comprobar la fidelidad de las bases cartográficas disponibles. De esta forma, a partir del Modelo Digital del Terreno de la zona más actualizado (2016), de la cartografía disponible del Centro Nacional de Información Geográfica, la cartografía catastral del año 2016, y el trabajo de campo realizado, se han ido incorporando sucesivamente:

- Topografía,
- Edificios, muros y geometrías auxiliares,
- Fuentes de ruido.
 - o En lo que respecta a la altura de las fuentes, se ha tomado una altura de 1,7m para las fuentes lineales, y 1,2m para las superficiales.

- Para la densidad de emisores puntuales de los que consta cada fuente (parámetro necesario para la implementación del modelo, según ISO 9613-2), se ha tomado 1m para fuentes lineales y malla de 1m x 1m para fuentes superficiales.

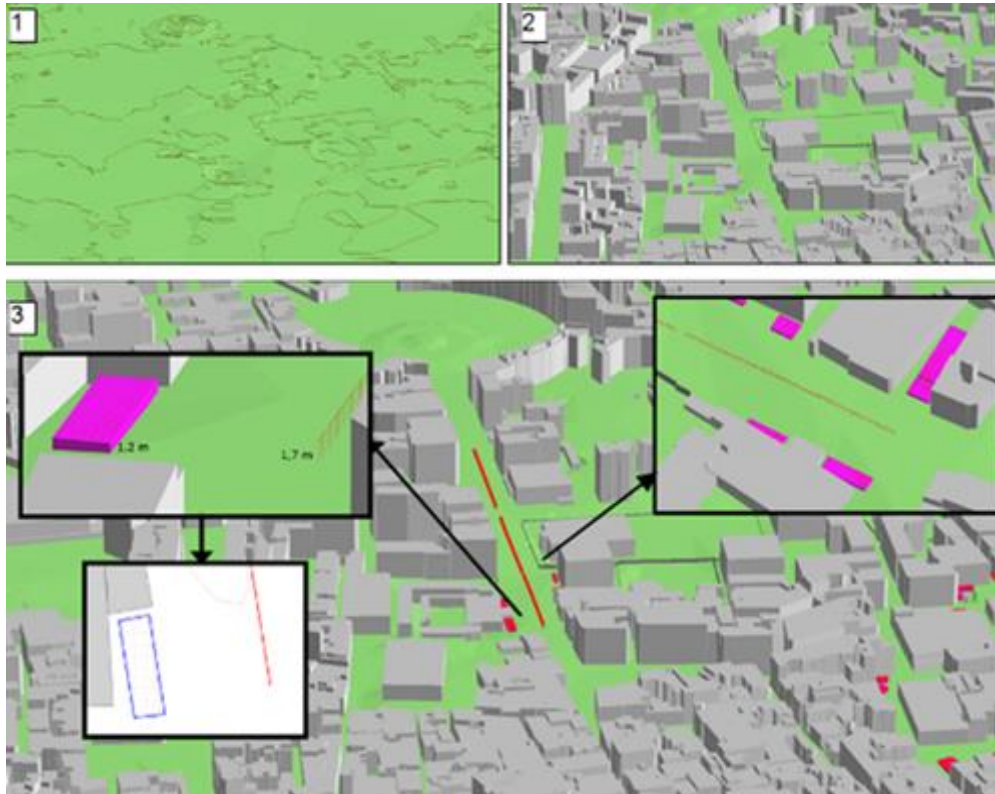


Imagen 11: Modelo 3D 1) Topografía; 2) Edificios, Muros y Geometrías auxiliares; 3) Incorporación de emisores acústicos superficiales y lineales. Detalle zona sur Avda. Alfonso X - Plaza Santa Ana. Detalle Geometría de fuentes lineales y superficiales. Detalle densidad de emisores en fuentes lineales y superficiales.

Caracterización del espectro medio de emisión por periodo para cada fuente.

El espectro de emisión resultante para cada fuente caracterizada corresponde a un valor puntual del momento del día en el que se ha caracterizado la fuente, para cada uno de los periodos de estudio. En realidad, el cálculo de la potencia acústica media para cada fuente requiere la medición en continuo a lo largo de cada periodo durante el tiempo de funcionamiento de la misma, lo cual implicaba tiempos y recursos de medida muy superiores a los previstos para el presente trabajo.

El recurso utilizado para solventar lo anterior consistió en el uso de la posición estratégica de las estaciones de monitorización, para correlacionar con las fuentes que están en el campo de influencia de las mismas.

De esta forma, a partir del valor de potencia medio muestreado en la fuente a una hora del día, se ha realizado la comparación con el valor registrado en la estación en ese mismo momento en la gráfica de $\% \text{ día promedio } \cdot 24\text{h} \pm$, obteniendo una gráfica equivalente al $\% \text{ día promedio} \pm$ de la fuente. En la gráfica, se muestra el promedio de la estación (naranja) y el de la fuente (rojo).



Imagen 12: Correlación entre fuente FSBPC1 y Estación 1.1.

Posteriormente, se calcula el área bajo la curva de la fuente para el tiempo de funcionamiento¹¹ de cada fuente en cada periodo de estudio (día, tarde y noche), obteniendo una estimación de la potencia acústica media por periodo, y un coeficiente de corrección respecto a la medida puntual: L_{wmedia}/L_w

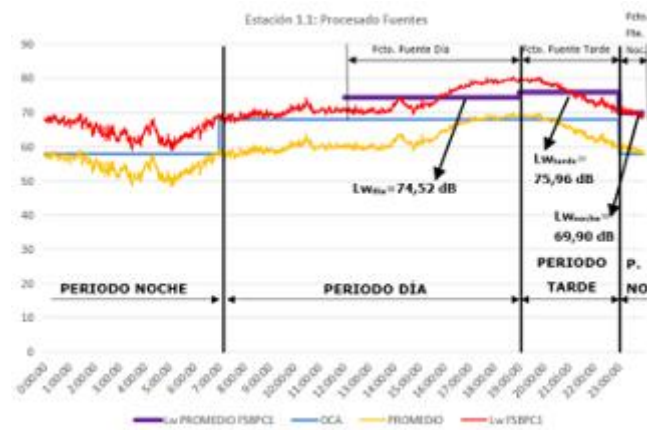


Imagen 13: Cálculo gráfico de Potencia acústica de emisión por periodo para la fuente FSBPC1.

Mediante este método, se han determinado los valores medios de potencia acústica por periodo. Posteriormente, se realiza la corrección para todas las fuentes y para cada tercio de octava, entre las frecuencias 63Hz y 8000Hz, según se indica en el método ISO 9613-2, y se aplica ponderación A, obteniéndose de esta forma el espectro completo medio por periodo para cada fuente, en términos de potencia acústica.

Configuración del cálculo

De forma general, se han seguido las recomendaciones de la *Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production Associated Data on Noise Exposure*. European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN) de

¹¹ Para la determinación del tiempo de funcionamiento de cada fuente se ha tomado, para las fuentes superficiales, de 12h-19h periodo día, 19h-23h periodo tarde, y 23h-1:30h periodo noche, generalmente. En el caso de las lineales, se ha tomado el periodo tarde completo, y para el periodo noche se ha determinado a partir de la observación del descenso de ruido en la gráfica del "día promedio" de la estación correspondiente y del trabajo de campo realizado.

enero de 2006, siempre que no se ha dispuesto de mediciones concretas de alguno de los parámetros de configuración. A modo de resumen, se han tomado los siguientes valores:

- Coeficientes absorción / reflexión de edificios: De forma general se ha tomado el valor de $a_r = 0.4$ ($R=0,8$, basado en la relación: $a_r = 1 - |R|^2$) indicado para pared de mampostería estructurada (edificio con balcones y ventanas)
- Factor de absorción de suelo (*Ground Factor = G*): se ha tomado $G=0$ (Urbano)
- Condiciones de propagación de ruido favorable: 50% día / 75% tarde / 100% noche
- Condiciones meteorológicas: datos medios correspondientes a los obtenidos por las estaciones meteorológicas incorporadas en la monitorización durante el periodo de estudio. T: 292,15 °K, P: 101,33 KPa, HR: 56,0
- Propagación del sonido: ISO 9613-2
- Orden de reflexión: 1
- Periodos: Día (07-19 horas), Tarde (19-23 horas), noche (23-07 horas)
- Malla de cálculo: resolución 1 m x 1 m; altura 4 m
- Evaluación en fachadas: Se han asignado puntos de recepción considerando 4m para la primera planta y 3m para las sucesivas, a una distancia de 0,1m de la fachada.

Calibración del modelo

Al igual que ocurría con las fuentes, las mediciones itinerantes de corta duración realizadas alrededor de las mismas para su uso como puntos de calibración, son puntuales, y por consiguiente se han procesado en concordancia con la estación de monitorización más cercana, para obtener valores comparativos medios para cada periodo. El procesado de las dichas mediciones, se ha realizado comparando el momento del día en el que se toma la medida real (sin tráfico ni otra tipología de ruido que pueda interferir), con la tendencia aportada por la estación, a la que se le ha restado el efecto de la limpieza viaria (sólo en el periodo nocturno, y a partir de la hora de finalización del ocio).

Respecto a sus características geométricas, se ha considerado una altura de 1,5m (altura para la que se realizan las mediciones).

El ajuste del modelo se ha realizado comparando los valores calculados con los obtenidos en los puntos de calibración, y posteriormente corrigiendo la emisión y/o geometría (división de fuentes) de forma iterativa, hasta que las diferencias entre el valor previsto y el calculado es inferior a ± 3 dB.

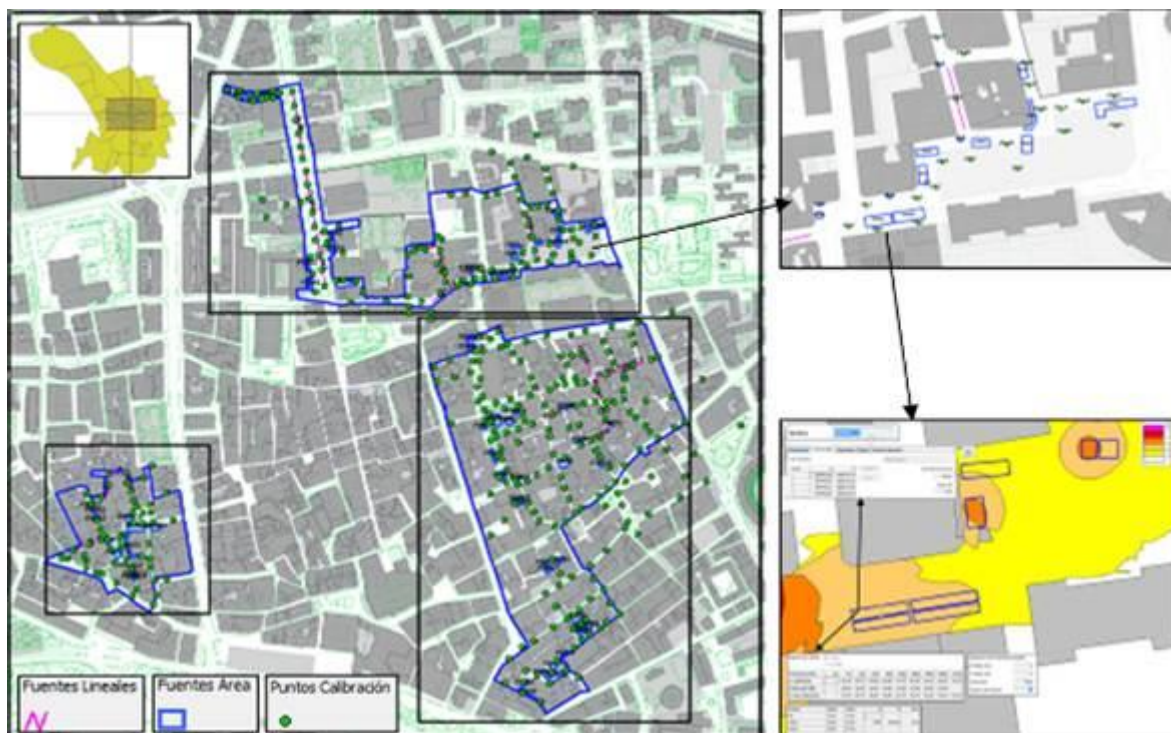


Imagen 14: Distribución de puntos para calibración del modelo. Detalle zona Universidad y procesado de fuentes para calibrado

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Mapas de Isófonas.

Una vez ejecutado el modelo, se obtienen los mapas de isófonas para cada uno de los periodos establecidos en la normativa, a una altura de evaluación de 4m¹², y representadas de acuerdo con los códigos de colores establecidos en las *Instrucciones para la entrega de los datos asociados a los Mapas Estratégicos de Ruido y Planes de Acción contra el Ruido de la Tercera Fase*, del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente

¹² Si bien el mapa se calcula para ajustar los puntos de calibración obtenidos a 1,5 m, los resultados se dan a 4m, dada que es la altura a la que se fijan los VOCA.

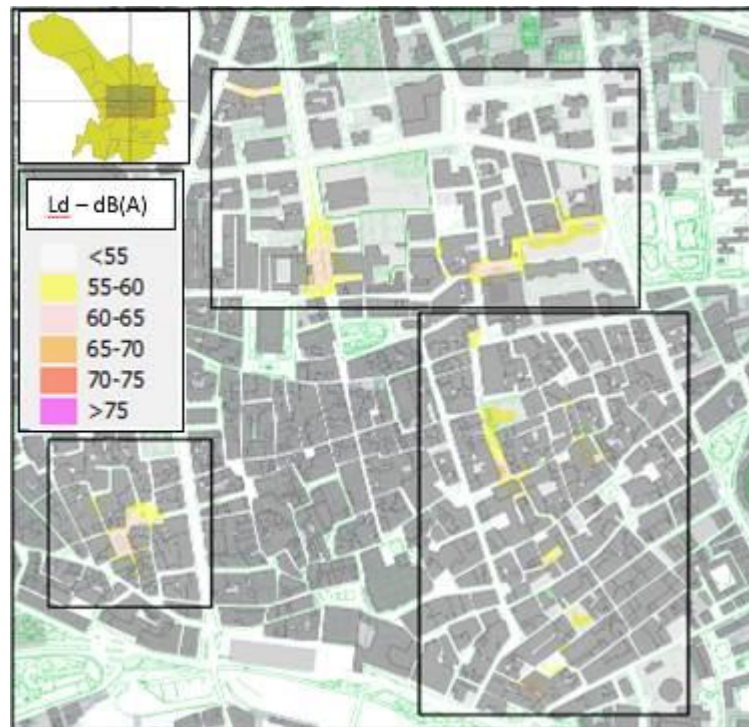


Imagen 15 Mapas de Isófonas del ámbito de estudio: Periodo día.

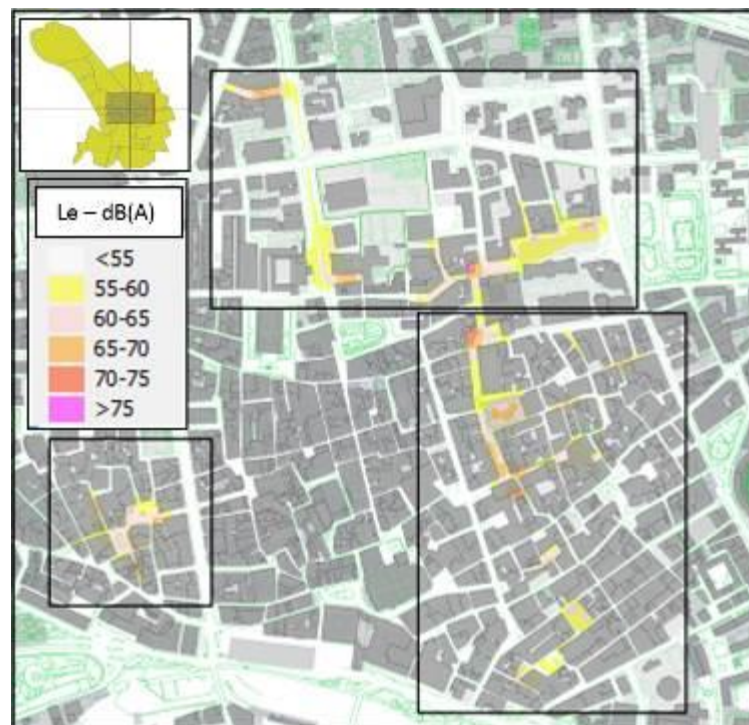


Imagen 16: Mapas de Isófonas del ámbito de estudio: Periodo tarde.

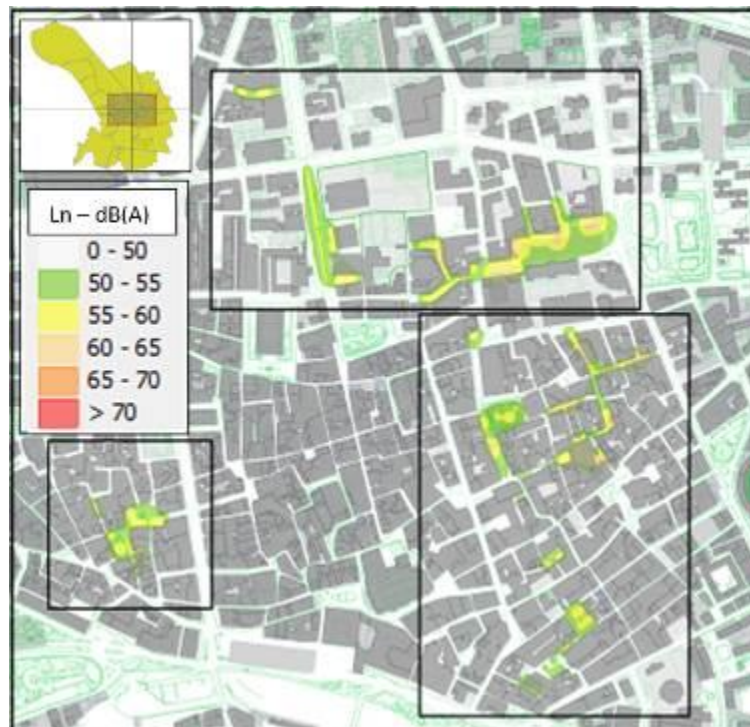


Imagen 17: Mapas de Isófonas del ámbito de estudio: Periodo Noche.

Evaluación del cumplimiento de los Objetivos de Calidad Acústica.

Para evaluar los resultados, es necesario realizar un análisis del artículo 15 del RD 1367/2007, en el que se evalúa el cumplimiento de los Valores Objetivo de Calidad Acústica (VOCA) para las distintas áreas acústicas.

Según dicho artículo:

Se considerará que se respetan los objetivos de calidad acústica establecidos en el artículo 14, cuando, para cada uno de los índices de inmisión de ruido, L_d , L_e , o L_n , los valores evaluados conforme a los procedimientos establecidos en el anexo IV, cumplen, en el periodo de un año, que:

a) Ningún valor supera los valores fijados en la correspondiente tabla A, del anexo II.

b) El 97 % de todos los valores diarios no superan en 3 dB los valores fijados en la correspondiente tabla A, del anexo II+

Según lo anterior, y considerando que la zona de estudio es residencial, podríamos decir que los edificios afectados por valores superiores a 65 dB en periodos día tarde (Isófono naranja), y 55 dB (Isófono amarilla) en periodo noche, indican las zonas donde se superan los valores objetivo de calidad acústica, en relación al cumplimiento del artículo 15a del RD 1367/2007. Las superaciones se dan principalmente en los periodos tarde (terrazas) y noche (bares de copas), no encontrándose ninguna superación en periodo día.

Posteriormente se procedió a evaluar también el cumplimiento del artículo 15b, lo que supuso calcular el porcentaje de superaciones obtenidas para cada periodo durante el

tiempo de muestreo. Es decir: se recogen los datos medios determinados por periodo en cada una de las estaciones y, una vez aplicadas las correcciones por tráfico y limpieza viaria, se determina si porcentualmente, para el número de días muestreados¹³ se supera el porcentaje indicado en el artículo 15b para cada uno de los periodos de estudio (el 97% no superan 65+3dB en periodo día-tarde, o 55+3dB en periodo noche). Esta evaluación se ha realizado tabulando las medias por periodo para cada una de las estaciones.

Ldia

	sem1	sem2	sem3	sem4	sem5
Lunes		61	61	59	59
Martes		62	64	58	63
Miércoles		62	64	62	62
Jueves		63	66	62	64
Viernes	63	63	65	63	
Sabado	60	60			
Domingo	58	61			

24 Total Ldías
0 Total Ldías sobrepasan A+3
0,00% % sobre total

Ltarde

	sem1	sem2	sem3	sem4	sem5
Lunes		61	61		65
Martes		64	67	67	66
Miércoles		63	67	68	64
Jueves		68	71		
Viernes	69	67	73	69	
Sabado	71	66			
Domingo	62	59			

21 Total Ltarde
5 Total Ltarde sobrepasan A+3
23,81% % sobre total

Lnoche

	sem1	sem2	sem3	sem4	sem5
Lunes		48	55	51	49
Martes		48	49	67	49
Miércoles		49	53	52	49
Jueves		54	57	53	51
Viernes	59	60	62	66	
Sábado	60	60			
Domingo	57	59			

24 Total Lnoches
8 Total Lnoches sobrepasan A+3
33,33% % sobre total

Imagen 18: Ejemplo de análisis del cumplimiento del artículo 15b del RD 1367/2007. Porcentaje de superaciones por periodo para el muestreo realizado en la estación 4.3.

De esta forma, mediante la aplicación de técnicas de recorte e intersección GIS, se pudieron determinar las fachadas concretas donde se superan los VOCA, así como las estaciones donde porcentualmente se superaban los valores indicados en el artículo 15b del RD 1367/2007, estableciendo la base cartográfica para la delimitación de las Zonas de Protección Acústica Especial (ZPAEs).

¹³ El muestreo ha oscilado entre los 21 días para las estaciones que han estado menos tiempo en funcionamiento, hasta los 42 días en las que más.

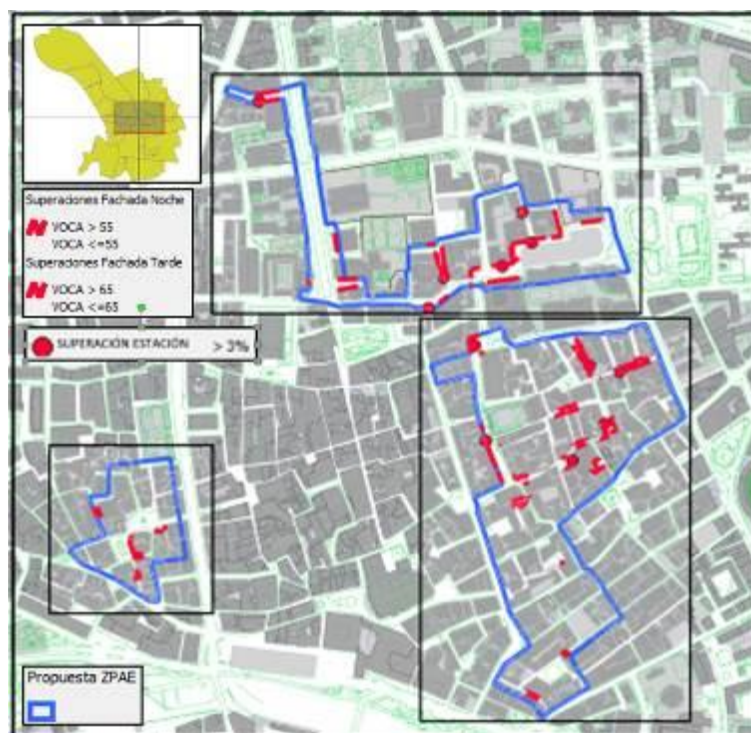


Imagen 19: Propuesta inicial de las Zonas de Protección Acústica Especial (ZPAE) sobre ubicaciones donde se producen superaciones de VOCA, ya sea a lo largo del año (Art. 15a RD1367/2007) o durante el muestreo realizado (Art. 15b RD1367/2007).

Población Afectada.

Por otro lado, de nuevo mediante técnicas de intersección GIS y posterior análisis, se procedió al cálculo de la población afectada por dichas superaciones, previa asociación del censo de 2016 a cada vivienda mediante un algoritmo de reparto basado en la distribución de la población en edificios de viviendas teniendo en cuenta tanto su sección como el número de pisos.

A partir de la distribución de población, se llevó a cabo el cálculo de la población afectada mediante la aplicación de los métodos END¹⁴ y CNSSOS-EU¹⁵, obteniendo valores dispares entre los dos métodos (del orden de 10 veces más para el método END), si bien, no se superaba en el peor de los casos el 5% de la población total del ámbito de estudio.

¹⁴ *European Noise Directive*, indicado en Directiva 2002/49/CE, como método adecuado para informar a la CE del número de personas expuestas a diferentes rangos de índices acústicos, si bien supone una sobreestimación de exposición, en la que toda la población del edificio se encuentra a la altura de 4m, que sólo da resultados próximos a la realidad para el caso de viviendas unifamiliares, lo cual no es el caso.

¹⁵ Conocido como Método Alemán - VBEB (*Vorläufige Berechnungsmethode zur Ermittlung der Belastetenzahlen durch Umgebungslärm*), permite obtener los valores reales de afección a los que se encuentra expuesta la población al distribuir ésta en alturas.

% POBLACIÓN AFECTADA	END	CNOSSOS
DÍA > 65 dB	1,13%	0,03%
TARDE > 65 dB	3,40%	0,17%
NOCHE > 55 dB	4,87%	0,49%

Imagen 29: % de población afectada (superaciones VOCA) por periodo, para cada método.

Delimitación Zonas de Protección Acústica Especial (ZPAEs).

Finalmente, se procedió a la delimitación detallada de las ZPAEs, y a definir una serie de medidas a aplicar en varias fases, en el marco de un Plan Zonal¹⁶ para cada uno de los sectores.

Para dicha delimitación, además de la inclusión de las zonas donde se superan los VOCA, se han seguido principalmente criterios de homogeneidad, así como evitar una excesiva fragmentación.

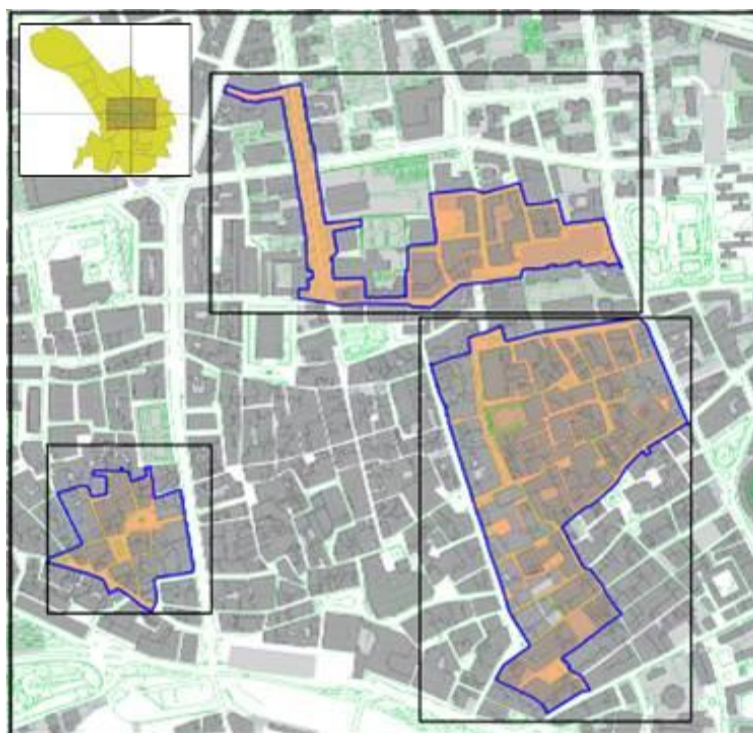


Imagen 20: Delimitación Definitiva de las ZPAE de la zona centro de la Ciudad de Murcia.

Medidas adoptadas. Planes Zonales.

Una de las primeras acciones llevadas a cabo por el Ayuntamiento de Murcia en relación a la problemática acústica asociada al ocio en el marco del Reglamento de Participación Ciudadana y Distritos del Ayuntamiento de Murcia, fue la creación del Consejo Sectorial del Ruido (aprobado en Pleno de 12/06/2016, BORM nº 130 de 6 de junio de 2016). Éste órgano, constituido por diferentes sectores y colectivos ciudadanos, así como colegios profesionales, ha sido la referencia a la hora de proponer actuaciones y adoptar medidas en aspectos relacionados con la problemática acústica.

¹⁶ BORM nº 186, de 13 de agosto de 2018. "Aprobación definitiva de declaración de zonas de protección acústica especial en Murcia Centro, su delimitación y planes zonales".

La delimitación por zonas, unido a la caracterización previa en fuentes superficiales o lineales durante el desarrollo de los trabajos, ha permitido la elaboración de planes zonales adaptados a la tipología de cada una de ellas. Las medidas de tipo general o específico, han ido orientadas principalmente a:

- 1) Mejora de la caracterización acústica de las zonas: Monitorización en continuo mediante una red de sensores acústicos, con el fin de observar la evolución de los niveles de ruido de las diferentes ZPAE.
- 2) Intensificación de labores de inspección, vigilancia y concienciación ciudadana. Comprobación del cumplimiento de la Ordenanza de ruidos, creación de la figura del Mediador de Ocio y del Cuerpo Específico de Policía de Ocio.
- 3) De forma general, limitación de concesión de nuevas licencias para determinados tipos de locales de ocio en las calles en que se hayan detectado superaciones de VOCA en periodo noche. Condicionamiento de autorizaciones de nuevas terrazas al no incremento del número de mesas-sillas en cada calle, reducción de horarios en terrazas y en el uso de mesas altas en vía pública, y reubicación de las terrazas existentes con el fin de alejarlas de las fachadas más afectadas.
- 4) En zonas muy concretas en que se producen las mayores superaciones de VOCA, reducción de mesas y sillas un 25% en fachadas más afectadas, en una primera fase, y extensión de dicha reducción al resto de las calles de las ZPAE en una segunda fase, en caso que no se detecten mejoras en la evolución de los niveles de ruido.
- 5) Prohibición de la venta y consumo de bebidas en la calle fuera de las terrazas debidamente autorizadas. Evitar concentraciones de personas en el exterior de locales (incorporación de vigilantes). Regulación acústica de máquinas expendedoras.
- 6) Restricción de eventos que puedan generar superaciones de los Objetivos de Calidad Acústica, así como actuaciones al aire libre limitando su número y siempre en horario día-tarde en aquellas zonas en las que se superen los VOCA

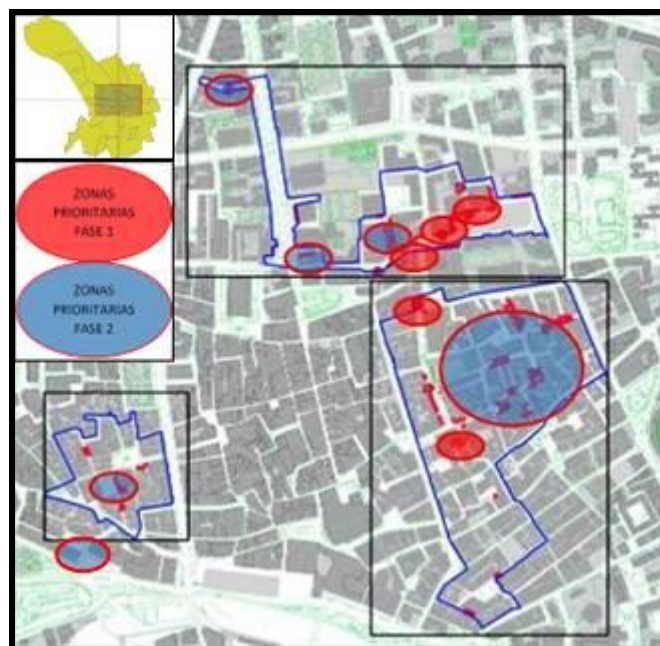


Imagen 21: Zonas prioritarias actuación planes zonales.

Revisión del Mapa de Ruido de Ocio, áreas de mejora y posibles nuevas ZPAE.

Dado que la normativa vigente obliga a la revisión y actualización de los Mapas de Ruido cada periodo de 5 años, la experiencia acumulada durante la realización de este estudio plantea varios retos a asumir, tanto en la ampliación del estudio al resto del municipio, como en la elaboración de las futuras revisiones.

Por un lado, el mapa elaborado cubre el compromiso inicial del Ayuntamiento de Murcia respecto al análisis de las zonas de protección ambiental de la anterior ordenanza de ruidos, si bien el municipio cuenta con otras zonas de concentración de actividades de ocio que están pendientes de estudio, por lo que el primer paso, ya iniciado en la actualidad, sería el análisis de estas zonas y su incorporación al modelo acústico elaborado. Una de las mejoras propuestas es la elaboración de un perfil acústico tipo para cada fuente, que junto con su comparación con el perfil de cada estación, mejorará indudablemente la exactitud del modelo.

Por otro lado, la ejecución de los planes zonales y la instalación de una red de monitorización del ruido, va a permitir un mejor conocimiento acústico de las zonas de ocio, con mediciones en continuo que podrán integrar periodos anuales. Esto, ya de por sí, permitirá reducir la incertidumbre que introduce el muestreo a la hora de evaluar el ruido de ocio, siempre y cuando la selección de las ubicaciones sea la adecuada para la caracterización de fuentes y calibración de los modelos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] *Diagnóstico de la situación acústica de Albacete y elaboración del Mapa de Ruido. Tomo III. Estudio de la Zona de Ocio.* Ayuntamiento de Albacete . UTE Acusttel-Eyigma. (febrero 2011).
- [2] *Elaboración del Mapa de Ruido de Ocio de la Ciudad de Murcia.* Servicio de Medio Ambiente, Ayuntamiento de Murcia. SINCOSUR Ingeniería Sostenible, S.L. (septiembre 2017).
- [3] Giménez, I.; López, F.; Carretero de la Rocha, D., *Estudio Acústico de la zona peatonal del centro de Logroño.* SINCOSUR Ingeniería Sostenible, S.L. . 45º Congreso Español de Acústica, TECNIACÚSTICA, Murcia. (2014)
- [4] *Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production Associated Data on Noise Exposure.* European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN). (13 de enero de 2006).
- [5] *Guía Metodológica para la realización de Mapas de Ruido. Sistema de consulta, información y gestión de focos de ruido ambiental.* Departamento de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente. Gobierno Vasco. (mayo 2005).
- [6] *Informe sobre el Draft JRC REFERENCE REPORT on Common Noise Assessment Methods in EU CNOSSOS-EU.* European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN). (28 de mayo de 2010).
- [7] *Instrucciones para la entrega de los datos asociados a los Mapas Estratégicos de Ruido y Planes de Acción contra el Ruido de la Tercera Fase.* Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Secretaría de Estado de Medio Ambiente. Dirección General de Calidad ón General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural. (abril 2015)
- [8] ISO 1996-1:2003, *Acoustics . Description, measurement and assessment of environmental noise . part 1: Basic quantities and assessment procedures.*
- [9] ISO 1996-2:2007, *Acoustics . Description, measurement and assessment of environmental noise . part 2: Determination of environmental noise levels.*
- [10] ISO 9613-2:1996, *Acoustics . Attenuation of sound during propagation outdoors . Part 2. General method of Calculation.*

- [11] ISO 9613-1:1993, *Acoustics - Attenuation of sound during propagation outdoors - Part 1: Calculation of the absorption of sound by the atmosphere.*
- [12] *Memoria Resumen del Mapa Estratégico de Ruido del Municipio de Murcia, Fase 2 . Ciudad de Murcia y Pedanías.* Servicio de Medio Ambiente, Ayuntamiento de Murcia. ACRE Ambiental, S.L. (diciembre 2012).
- [13] *Recomendación de la Comisión relativa a las Orientaciones sobre los métodos de cálculo provisionales revisados para el ruido industrial, procedente de aeronaves, del tráfico rodado y ferroviario, y los datos de emisiones correspondientes.* (6 de agosto de 2003)
- [14] Segués, F., *Estrategia de elaboración de un mapa de ruido.* Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX). Ministerio de Fomento - Ministerio de Medio Ambiente. 37º Congreso Nacional de Acústica de España, TECNIACÚSTICA, Gandía. (2006).