



**Paisaje sonoro como innovación conceptual para la
integración acústica urbana de los proyectos de
transporte público**

Autor: José Alfonso Gálvez Salinas

Institución: Coordinadora Estatal de Ciencias Ambientales (CECAA)

Resumen

La intención de explorar las posibilidades que ofrece el concepto paisaje sonoro para innovar y mejorar la integración urbana, respecto al caso de un proyecto de metro ligero en el contexto del área metropolitana de Granada, se apoya en la propuesta de una metodología articulada en tres fases: 1) Recopilación y análisis de información, 2) Evaluación acústica de alternativas y 3) Redacción del Plan de Acción. La primera etapa va dirigida a la recopilación de información acústica (mapas acústicos, normativas, percepción de la población, información socio-económica, etc.) y su posterior análisis. En la segunda, se plantea una alternativa de evaluación acústica basada en la incorporación del concepto paisaje sonoro al proceso. Y en la última fase, se dan a conocer cuáles son las principales características de un Plan de Acción y su contenido mínimo, de acuerdo con las pautas metodológicas que se proponen.

Finalmente, a partir de esta innovación conceptual se elabora una comparativa de las ventajas respecto a la metodología convencional de evaluación de la contaminación acústica, en base a tres factores clave: las bases metodológicas de evaluación, los principios de valoración del ruido y los actores implicados en el proceso. También, se extraen una serie de conclusiones en relación con los resultados de la investigación y las limitaciones de la misma.

Palabras claves: paisaje sonoro, soundscapegraphy, ambiente sonoro, integración acústica urbana, sistema de metro ligero.

Introducción

La actual interpretación de la integración ambiental de planes y proyectos urbanos se ha basado, en demasiadas ocasiones, en planteamientos alejados de los componentes sensibles en la relación hombre–medio ambiente urbano presente en el modelo de ciudad (**Truax, B. 2011**), provocando una pérdida de identidad y especificidad hasta el punto que visitar una ciudad equivale a visitar otra cualquiera (**Carles, J.L. 2004**).

El concepto de **Paisaje Sonoro** fue acuñado en 1977 por el músico **R. Murray Schafer**, entendiéndolo “*el sonido no como un elemento físico del medio, sino como elemento de comunicación e información entre el hombre y el medio (urbano, rural o natural)*” y, definiéndolo, como “*el campo total de sonidos donde quiera que estemos*”. Este concepto supuso un nuevo enfoque en la investigación acústica con la aparición de una nueva línea de investigación (Ecología del Paisaje Sonoro –*Soundscape Ecology*-) y de una serie de parámetros (*identidad sonora, medio ambiente sonoro, keynotes, sound signals, landmarks, etc.*) para la valoración del paisaje sonoro, así como el desarrollo de análisis más integrales (**López-Barrio, I. 2005; Kang, J. 2010; Adams, M. 2008**).

Es en este marco donde encaja la incorporación del concepto de paisaje sonoro como modelo útil, por ejemplo, para mejorar la integración de los sistemas de metro ligero, ideando a tal efecto una metodología, que además de las convencionales variables de evaluación actualmente utilizadas (centradas en la disminución de la intensidad sonora), incorpore aspectos perceptuales, sociales, culturales y ambientales (**Kang, J. 2010**).

Objetivos

El objetivo principal de esta comunicación es plantear teóricamente un conjunto de bases metodológicas que ayuden a incrementar la integración ambiental y urbana de los proyectos de transporte público, en este caso de los sistemas de metro ligero, en términos de calidad acústica (mediante el concepto de paisaje sonoro), y de paso dar a conocer las principales diferencias con los actuales métodos de análisis y evaluación del ruido.

MARCO CONCEPTUAL

Para poder entender la innovación que supone la incorporación del concepto de Paisaje Sonoro (en voz inglesa *Soundscape*), en la integración ambiental urbana de los sistemas de metro ligero, es necesario, previamente, conocer el marco conceptual sobre el cual se desarrolla la propuesta metodológica.

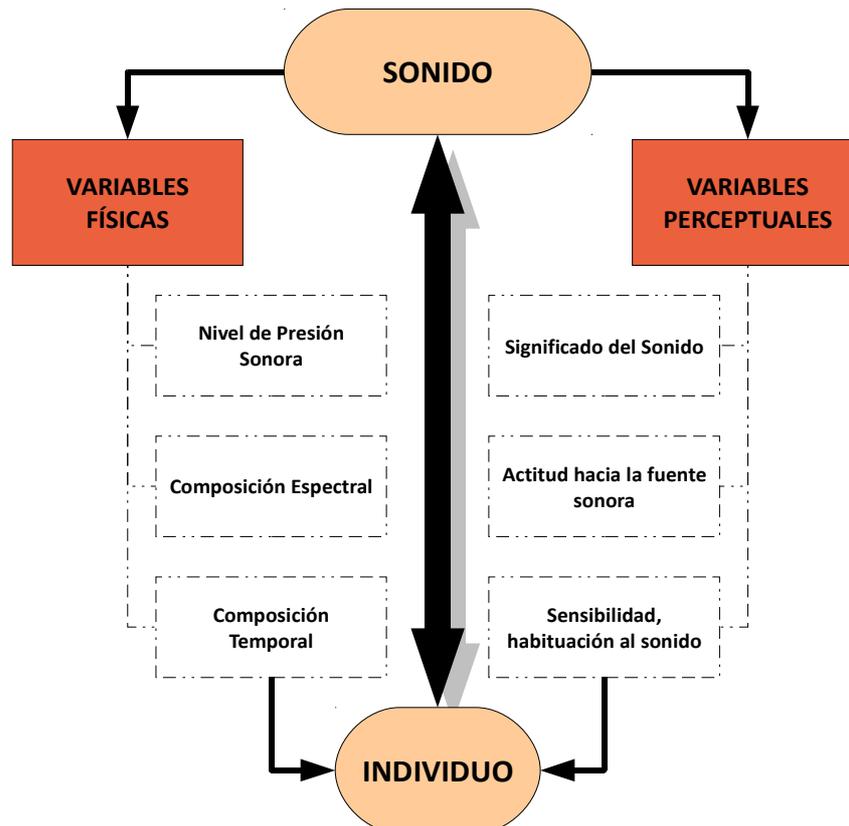


Figura 1. Esquema de interacción entre el individuo y su entorno sonoro.
 Fuente: Torija, A.J. (2010)

El primer elemento conceptual, como es obvio, es el de paisaje sonoro, el cual fue acuñado en 1977 por el músico **R. Murray Schafer**, quien definía “*el sonido no como un elemento físico del medio, sino como elemento de comunicación e información entre el hombre y el medio (urbano, rural o natural)*”, de esta forma se interpreta el paisaje sonoro como la forma en que es percibido y entendido el ambiente sonoro por los individuos o por la sociedad (**Truax, B. 1999**). Es decir, el estudio de la interacción entre el individuo y su ambiente sonoro (Ver Figura 1).

La aparición de este concepto supuso un nuevo enfoque en la investigación acústica, así como el nacimiento de una nueva rama científica denominada **ecología del paisaje sonoro** (*Soundscape Ecology*¹). A consecuencia de esta, comenzaron a irrumpir nuevos conceptos (*medio ambiente sonoro, soundscapegraphy, identidad sonora, keynotes, sound signals, landmarks, etc.*) para la valoración de los paisajes sonoros, que como

¹ Para ampliar información ver **Pijanowski, B. et. al 2011**.

consecuencia, fomentaron el desarrollo de análisis más integrales (**Lopez-Barrio, I. 2005**).

De todos los conceptos anteriores, y de acuerdo con el planteamiento metodológico, solamente nos detenemos en tres de ellos: Identidad Sonora, Medio Ambiente Sonoro (en adelante Ambiente Sonoro) y Soundscapegraphy, los cuales son fundamentales para la comprensión de las pautas propuestas.

Según **Carles, J.L. 2004**, la **Identidad Sonora** es la “definición del conjunto de características comunes a un lugar partiendo de una hipótesis inicial: la de que los espacios urbanos, las plazas, calles, rincones y patios de las ciudades son espacios vivos, sensibles, representativos. Es lo que hace que podamos reconocer e identificar una ciudad a través del sonido diferenciándola de otras”.

Por otra parte, y según con los trabajos de investigación consultados sobre el término de **Ambiente Sonoro**², no existe una definición consensuada por el gremio científico debido, principalmente, a que son muy diferentes los enfoques con los que ha sido y es empleado dicho concepto. En este estudio, el Ambiente Sonoro, se refiere a cada uno de los espacios sonoros con identidad sonora³ propia que pueden identificarse dentro de un todo acústico (agregado de identidades sonoras de un espacio: barrio, plaza, avenida, etc.) que constituye el paisaje sonoro.

El concepto de **Soundscapegraphy**, el cual fue acuñado por Hayashi, F. en 1999, se define como la descripción del paisaje sonoro más allá de las características acústicas y, con especial énfasis, en la forma en que es percibido y entendido por las personas o por la sociedad. Este concepto, actualmente en auge, ya ha sido desarrollado en varias investigaciones (**Hayashi, F. 1999; Hiramatsu, K. 2001; Ge, J. et. al 2009**), siendo en este trabajo interpretado con el mismo enfoque que **Ge, J. et. al 2009**.

Otros elementos conceptuales relacionados con los actuales modelos de evaluación, necesarios también para la comprensión del trabajo, son: indicador de ruido, mapa estratégico del ruido, mapa de conflictos, objetivos de calidad, área acústica y plan de acción. Todos estos conceptos de evaluación del ruido están recogidos en la normativa de referencia, la cual ha sido tomada para la definición de cada uno (internacional: **Directiva 2002/49/CEE**, nacional: **Ley 37/2003; R.D. 1513/2005; R.D. 1367/2007**, y autonómica andaluza **Decreto 6/2012**).

Tabla 1. Áreas Acústicas recogidas en la Ley 37/2003

TIPOS DE ÁREAS ACÚSTICAS

- a) Sectores del territorio con predominio de suelo de uso residencial.
- b) Sectores del territorio con predominio de suelo de uso industrial.
- c) Sectores del territorio con predominio de suelo de uso recreativo y de espectáculos.
- d) Sectores del territorio con predominio de suelo de uso característico turístico o de otro suelo terciario no contemplado en el tipo c.

² De forma general, en la bibliografía consultada, no se hace referencia al concepto de Ambiente Sonoro como una subcategoría del Paisaje Sonoro, con lo cual no se establecen subdivisiones de los paisajes sonoros. Sin embargo, para entender el enfoque del trabajo es necesario aceptar la existencia de otras entidades más pequeñas, con identidad sonora propia, las cuales son referidas en el texto como ambientes sonoros.

³ Para ampliar información sobre tipos de identidades sonoras ver **Carles, J.L. 2004**.

- e) Sectores del territorio con predominio de suelo de uso sanitario, docente y cultural que requiera de especial protección contra la contaminación acústica.
- f) Sectores del territorio afectados a sistemas generales de infraestructuras de transporte u otros equipamientos públicos que lo reclamen.
- g) Espacios naturales que requieran una especial protección contra la contaminación acústica.

El primer término es el **indicador de ruido**, el cual es entendido como una *“magnitud física para describir el ruido ambiental, que tiene relación con un efecto nocivo”* (**Directiva 2002/49/CEE**).

Por su parte, los **mapas de ruido** se definen como *“la presentación de datos sobre una situación acústica existente o pronosticada en función de un indicador de ruido (Ld, Le, Ln, Lden) ⁴”* (**Directiva 2002/49/CEE**). Además, en la normativa autonómica (**Decreto 6/2012**) se diferencian varios tipos de mapas de ruido: mapa estratégico del ruido, mapa singular del ruido y otros mapas de ruido⁵. Dada la naturaleza del estudio, hay que centrarse en el **mapa estratégico del ruido** y en el mapa de conflictos. El primero es *“un mapa diseñado para poder evaluar globalmente la exposición al ruido en una zona determinada, debido a la existencia de distintas fuentes de ruido, o para poder realizar predicciones globales para dicha zona”* (**Directiva 2002/49/CEE**). Mientras que el **mapa de conflictos**, trata de representar gráficamente *“la superación o no por los valores existentes de los índices acústicos de los valores límite aplicables, y cumplimiento o no de los objetivos aplicables de calidad”*, según el Art. 15, punto c, de la Ley 37/2003 (Ver Ilustración 9, 10, 12 y 13).

Por otro lado, los **objetivos de calidad** (Ver Tabla 3) son criterios establecidos en la normativa (**R.D. 1367/2007** y **Decreto 6/2012**) para cada una de las áreas de sensibilidad, distinguiendo en función del indicador de ruido (Ld, Le, Ln) y el tipo de desarrollo urbano (áreas urbanizadas existentes y nuevas áreas urbanizadas). Mientras que las **áreas acústicas**, *“son aquellos ámbitos territoriales donde se pretende que exista una calidad acústica homogénea”*, estableciéndose en función de los usos predominantes del suelo (Ver Tabla 1), actuales y previstos, y delimitándose según los criterios establecidos en el Anexo V del Real Decreto 1367/2007 por el que se desarrolla la Ley 37/2003.

Finalmente, los **planes de acción** son aquellos instrumentos *“encaminados a afrontar las cuestiones relativas al ruido y a sus efectos, incluida la reducción del ruido si fuese necesario”* (**Directiva 2002/49/CEE**).

La conjugación de todos estos nuevos conceptos, junto con los establecidos en las actuales normativas, permite plantear nuevos métodos de análisis y evaluación acústica. De forma que es posible modificar los actuales enfoques (centrados en análisis cuantitativos de variables físicas y en la reducción de los niveles de intensidad de ruidos indeseados), hacia una nueva visión más holística mediante una *“evaluación y descripción donde se tenga en cuenta la relación entre la experiencia individual y subjetiva, con el contexto social-cultural y físico en el que se desarrolla”* (**Toriya, A.J. 2008**).

⁴ Para ampliar información sobre indicadores ver Anexo I, Directiva 2002/49/CEE.

⁵ Para ampliar información sobre tipos de mapas de ruido ver Decreto 6/2012.

METODOLOGÍA DE TRABAJO

Fundamentos metodológicos

Gracias a la aparición de todos los conceptos anteriores, es posible armar una propuesta metodológica para el análisis y la evaluación acústica desde la planificación ambiental. En este caso, la propuesta metodológica pivota sobre el concepto de paisaje sonoro, el cual es incorporado como una innovación conceptual para la mejora de la integración ambiental y urbana de los sistemas de metro ligero.

Esta metodología, se fundamenta a partir de otros estudios donde se desarrolla el concepto de paisaje sonoro (**Kang, J. 2010; Raimbault, M. 2005; Adams, M. 2008 y 2009; De Coensel, B. 2007**), la normativa de referencia y los actuales procedimientos para la elaboración de los estudios acústicos y de impacto ambiental.

Tabla 2. Fases de la metodología de trabajo propuesta.

FASE I: Recopilación y análisis de información	
1.-Recopilación de información	
2.-Delimitación y caracterización de los ambientes sonoros	
3.-Delimitación de las áreas acústicas	
4.-Modelización de los casos de estudio: situación pre-operacional, construcción y post-operacional.	
FASE II: Evaluación acústica de alternativas	
1.-Evaluación de los niveles de presión sonora pre-operacionales	
2.-Evaluación de los niveles de presión sonora en la fase de construcción	
3.-Evaluación de los niveles de presión sonora post-operacionales	
FASE III: Redacción del Plan de Acción	
1.-Características de un Plan de Acción	
2.-Contenido de un Plan de Acción	

Las determinaciones para la recopilación y análisis de información se han definido siguiendo las actuales pautas que se establecen para los estudios de impacto ambiental (**Ley 7/2007, GICA**) y los estudios acústicos (**Decreto 326/2003**). Por otro lado, la delimitación y caracterización de los paisajes sonoros se basa, principalmente, en los trabajos realizados por **Hayashi, A. 1999, Hiramatsu, K. 2000, Torija, A.J. 2008 y Ge, J. et. al 2009**; los criterios de delimitación de las diferentes áreas acústicas son los establecidos en el **R.D. 1367/2007 y D. 6/2012**; y los métodos de predicción para el cálculo de los niveles de presión sonora se corresponden con los recomendados por la **Directiva 2002/49/CE**. En cuanto a la evaluación de las diferentes situaciones o escenarios (pre-operacional, construcción y post-operacional), la determinación de las áreas de conflicto (mapas de conflicto) y la estimación de la población afectada, se ajusta a lo exigido por la normativa de referencia (**Directiva 2002/49/CE, Ley 37/2003, R.D. 1513/2005, R.D. 1367/2007, D. 6/2012**). Por último, el Plan de Acción se establece tomando como referencia las indicaciones, características y contenidos mínimos, recogidos en la **Directiva 2002/49/CE**, y los resultados del análisis de diferentes trabajos de investigación citados en este documento.

Propuesta Metodológica: Fases y diferencias con los actuales estudios de ruido.

A continuación se desarrolla paso a paso la metodología de trabajo propuesta, tomando como caso de estudio un ámbito del tramo 1, subtramo 2, de la línea de Metro Ligerio de Granada. En este trabajo no se ha podido contar con toda la información necesaria, proveniente de la población, para la caracterización de los paisajes sonoros. Por ello, simplemente se ha realizado una descripción aproximada de los paisajes sonoros en base al conocimiento que se tiene de la ciudad. En este sentido, el trabajo solamente busca orientar al lector, con un ejemplo práctico, sobre las distintas tareas que se plantean, así como señalar las principales ventajas metodológicas con respecto a los actuales estudios acústicos.

Fase I: Recopilación y análisis de información

La fase de recopilación y análisis de información se compone de varias subfases: recopilación de información (estudios acústicos, mapas de ruido, normativas, encuestas a la población, fuentes de ruido, aspectos socio-económicos, etc.), delimitación y caracterización de los paisajes sonoros (**Hayashi, A. 1999; Hiramatsu, K. 2000; Ge, J. et. al 2009; Torija, A.J. 2008; Kang, J. 2010; Raimbault, M. 2005; López Barrio, I 2005**), determinación y delimitación de las áreas acústicas y de sus criterios de calidad (**R.D. 1367/2007; D. 6/2012**) y la identificación y caracterización de las fuentes del ruido asociadas al proyecto (Ruido de Tráfico⁶ y Ruido de Trenes⁷).

1) Recopilación de información

El primer paso es obtener toda la información necesaria para la estimación de los niveles de ruido en la situación pre-operacional, en la fase de construcción y en la post-operacional. También será imprescindible toda aquella información relacionada con las variables ambientales, sociales y culturales, sobre las cuales delimitar y caracterizar los paisajes sonoros. Parte de esta información, en otros trabajos similares (**Kang, J. 2010; Torija, A.J. 2008**), se ha obtenido mediante encuestas de diferencial semántico.

Por otra parte, para la estimación de los niveles de presión sonora será necesario recopilar toda la información relativa a los estudios de ruido (mapas estratégicos de ruido⁸) realizados en la ciudad o, bien, los datos necesarios para modelizar la situación (índice medio diario vehicular, usos actuales del suelo, datos cartográficos, meteorológicos, etc...).

Respecto a la fase de construcción, la información que se precisará será aquella referente a las distintas fuentes emisoras durante la construcción de la infraestructura (tuneladoras, martillos hidráulicos, excavadoras, etc.), los nuevos ordenamientos de tráfico (datos de aforos, sentidos de circulación, etc) y cualquier otra fuente de emisión que influya en los niveles de presión sonora.

De la misma forma, para el cálculo de los niveles de presión sonora en la situación post-operacional, se deberá recopilar toda la información necesaria para la modelización de esta. Principalmente, serán datos relacionados con las fuentes de emisión del sistema de metro ligero (ruido y vibraciones) y los ordenamientos viales definitivos.

⁶ Para ampliar ver Bartí Domingo, R. (2010). *"Acústica Medioambiental"*. Ed. Club Universitario.

⁷ Para ampliar ver Thompson D. (2009). *"Railway noise and vibration. Mechanisms, modelling and means of control"*. Elsevier.

⁸ Actualmente los mapas estratégicos del ruido de las principales aglomeraciones se encuentran en: <http://sicaweb.cedex.es/>

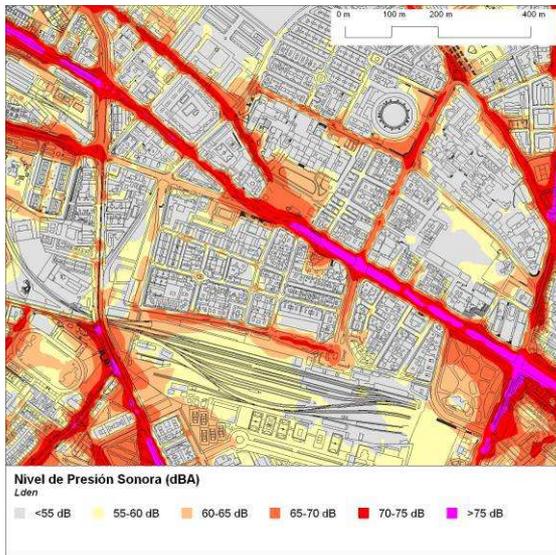


Ilustración 1. Mapa de Ruido, Aglomeración Urbana de Granada: Ruido Total (Ld).
Fuente: SICAWEB (<http://sicaweb.cedex.es/>)

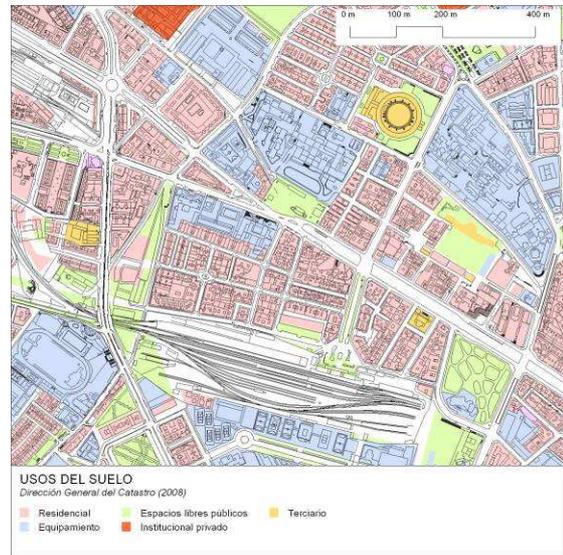


Ilustración 2. Usos del suelo.
Fuente: Dirección General del Catastro (2008).

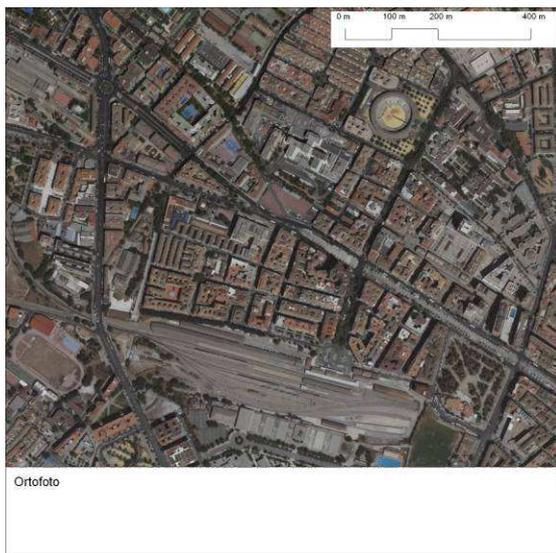


Ilustración 3. Ortofoto del ámbito de estudio
Fuente: Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía

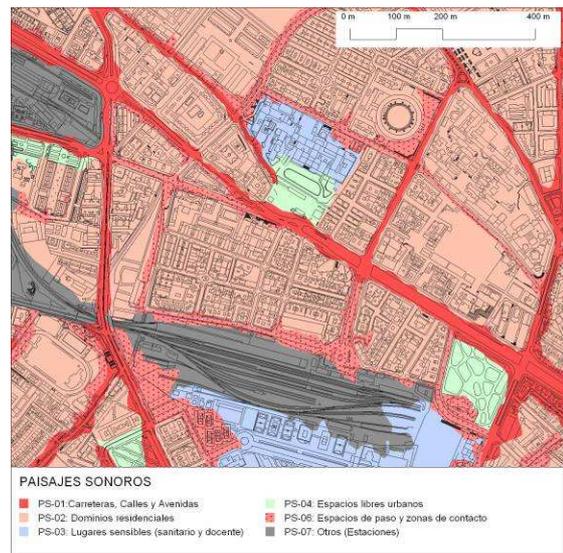


Ilustración 4. Paisajes Sonoros
Fuente: Elaboración propia

Como se deduce del apartado anterior, la metodología propuesta necesita nutrirse de una serie de datos subjetivos provenientes de la población, lo que conlleva implicarla en el proceso y, con ello, dotarlo de un carácter **más participativo**. Por tanto, no se trata de un análisis y evaluación exclusiva de técnicos, sino todo lo contrario, debido a la necesidad de conocer la opinión de las personas sobre el ambiente sonoro que les rodea y, así, poder caracterizar correctamente cada paisaje.

2) Delimitación y caracterización de los ambientes sonoros (Paisaje Sonoro)

Paralelamente a la recopilación de información se irán delimitando los diferentes paisajes sonoros. La forma de proceder (*Ver Figura 2*) se ha establecido de acuerdo con los resultados obtenidos en tres trabajos de investigación: **Torija, A.J. 2008**, **Ge, J. et. al 2009** y **Kang, J. 2010**.

El punto de partida es el trabajo realizado en la ciudad de Saga⁹ (Japón), por **Ge, J. et. al 2009**, donde la delimitación de los paisajes sonoros se desarrolla en base al concepto *Soundscapegraphy*. La forma de proceder es muy similar pero con el matiz de comenzar la zonificación a partir de las isófonas (*Ver Ilustración 1*) y no de la realización de una malla, como en el caso de Saga. Además, se incluye la información de los usos del suelo (*Ver Ilustración 2*) y la ortofoto (*Ver Ilustración 3*) en el proceso, de forma que se dispone de más datos para la obtención de una primera aproximación de los paisajes sonoros (*Ver Ilustración 4*). Entonces, a partir de esta primera versión de los paisajes sonoros, junto con los resultados obtenidos de la consulta a la población, se terminarán de definir y caracterizar.

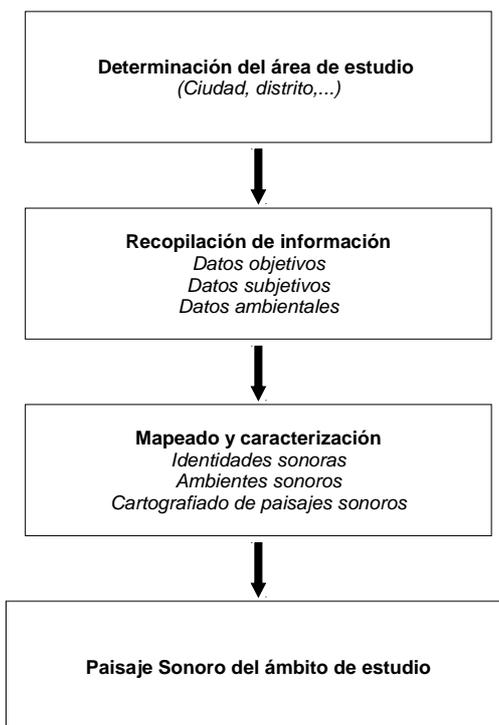


Figura 2. Secuencia para la delimitación (mapeado) y caracterización de los paisajes sonoros.
Fuente: Elaboración propia a partir de Ge, J. et. al 2009.

En cuanto a la forma de proceder en la caracterización, es fruto de la revisión de varios trabajos de investigación con el mismo enfoque (principalmente **Torija, A.J. 2008**, **Ge, J. et. al 2009** y **Kang, J. 2010**; y otras investigaciones como **De Coensel, B. 2007**; **Truax,**

⁹ La reciente aparición del concepto *Soundscapegraphy* implica que, hoy día, exista un número muy reducido de estudios que lo desarrollen. Como consecuencia, son muy escasos los trabajos existentes sobre este aspecto en nuestro ámbito más cercano, lo que nos ha obligado a recurrir a la investigación realizada por Ge, et. al 2009, en la ciudad de Saga.

B. 2011; López Barrio, I. 2001; López Barrio, I. 2005; Raimbault, M. 2005). Fruto del estudio de estas investigaciones se establece una propuesta de caracterización basada en tres grupos de datos: Objetivos, Subjetivos y Ambientales. Describiéndose, de forma resumida, cada uno como:

1. **Datos Objetivos.** Caracterización mediante todas las propiedades físicas del sonido y el sonido ambiental, las cuales pueden ser medidas o registradas (naturaleza, tipología, nivel de intensidad, composición espectral, análisis temporal,...).
2. **Datos Subjetivos.** En esta caracterización se buscarán todas aquellas propiedades subjetivas de los paisajes sonoros, tales como el reconocimiento del sonido, preferencias, congruencia, y otros aspectos mesurables mediante encuestas de diferencial semántico.
3. **Datos Ambientales.** Se trata de caracterizar el paisaje sonoro a partir de los aspectos sociales, culturales, históricos, geográficos, demográficos, etc.

En este caso, la principal diferencia con los actuales estudios acústicos radica en el desarrollo de un análisis **más integral**, debido a la incorporación de datos objetivos, subjetivos y ambientales, en la delimitación y caracterización de los paisajes sonoros. Esto supone la necesidad de disponer de información subjetiva y ambiental, además de las actuales variables físicas, para la caracterización de los paisajes sonoros, lo que dota, a su vez, al método de un carácter **más perceptual y sensorial**.

3) Delimitación de las áreas acústicas

Las pautas para la delimitación de las áreas acústicas quedan recogidas en el **R.D. 1367/2007, Anexo V: “Criterios para determinar la inclusión de un sector del territorio en un tipo de área acústica”**.

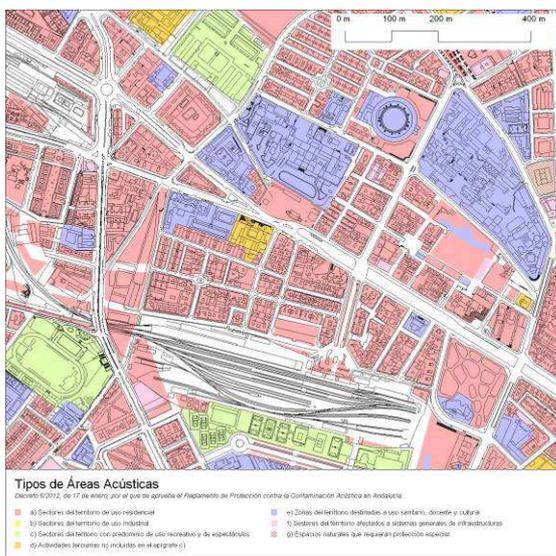


Ilustración 5. Tipo de Área Acústica según uso.

Fuente: Elaboración propia a partir de los usos de suelo y Decreto 6/2012.

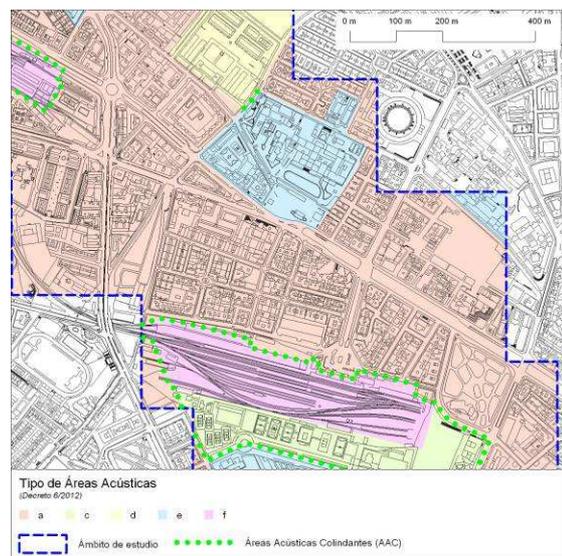


Ilustración 6. Áreas Acústicas y Áreas colindantes.

Fuente: elaboración propia a partir de D. 6/2012.

El primer paso es asignar el uso predominante del suelo a cada sector (*Ver Ilustración 2*), el cual se debe establecer siguiendo los criterios recogidos en el R.D. 1367/2007. En segundo lugar, en función del uso del suelo asignado, se determinará su correspondencia

con los diferentes tipos de áreas acústicas (Ver Tabla 1) recogidos en la normativa (Ver Ilustración 5). Finalmente, se deberán delimitar las áreas acústicas, en base a los criterios del R.D. 1367/2007, así como la identificación de áreas acústicas colindantes cuando la diferencia entre sus objetivos de calidad sea superior a 5 dB (Ver Ilustración 6). Una vez delimitadas, solamente quedará asignar los objetivos de calidad para cada uno de los indicadores considerados (Ld, Le, Ln)¹⁰.

En el caso andaluz, es en el Decreto 6/2012, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de Protección contra la Contaminación Acústica en Andalucía, en su **Artículo 9.-Objetivos de calidad acústica para ruido aplicable a áreas de sensibilidad acústica**, donde se recogen dos tablas (*áreas urbanizadas y nuevos crecimientos urbanos*) con los criterios de calidad que se deben cumplir para cada tipo de área acústica.

4) Modelización de los casos de estudio: situación pre-operacional, construcción y situación post-operacional

Previamente a la fase de evaluación es necesario modelizar cada uno de los escenarios de estudio, es decir, estimar los niveles de presión sonora para la situación pre-operacional, la fase de construcción y la post-operacional.

Para la situación pre-operacional es muy probable que ya existan estudios acústicos con los correspondientes mapas estratégicos del ruido. En caso de no disponer de dicha información se deberán calcular los niveles de presión sonora tomando los modelos recomendados por la Directiva 2002/49/CE. La cual recomienda, para el ruido de tráfico, el modelo francés “NMPB-Routes-96 (SETRA-CERTULCPC-CSTB)” y el modelo holandés “Reken-en Meetvoorschrift Railverkeerslawaaai '96, Ministerie Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 20 November 1996” para los sistemas ferroviarios. Además, en la modelización de las tres situaciones de estudio (pre-operacional, construcción y post-operacional) será necesario identificar otras fuentes de emisión provenientes de las actividades que tenga lugar en el ámbito de estudio¹¹.

Hasta el año 2012 la normativa de referencia, para el ámbito andaluz, respecto a los estudios acústicos era el Decreto 326/2003. En dicho Decreto, en su artículo 35 se recogían los contenidos mínimos de estos estudios donde, para el caso de las infraestructuras, sólo se hacía referencia al cálculo de los niveles pre-operacionales y post-operacionales. Sin embargo, a partir de febrero de 2012, con la entrada en vigor del Decreto 6/2012, ya si se recogen explícitamente en su artículo 42 y en la instrucción técnica 3 (IT3) la obligación de evaluar los niveles de presión sonora en la fase de construcción. Con lo cual, la aparición de esta nueva normativa en el ámbito andaluz, así como la metodología propuesta, refuerzan aún más la necesidad de proponer metodologías con un carácter más **integral**.

¹⁰ Nos referimos a los tres tipos de indicadores (Ld, Le, Ln) porque la metodología propone delimitar y caracterizar paisajes sonoros para cada una de estas situaciones, de forma que tendremos 3 situaciones diferentes de paisajes sonoros.

¹¹ Para esta tarea existen varios software comerciales que permiten realizar la modelización conjunta de ruido de tráfico, ruido de trenes y ruido de actividades (puntuales, lineales, superficiales, etc.).

Fase II: Evaluación acústica de alternativas¹²

Una vez recopilada y analizada toda la información necesaria y modelizados los diferentes escenarios (pre-operacional, construcción, post-operacional), el siguiente paso es evaluar cada escenario respecto a los objetivos de calidad (Ver Tabla 3) establecidos en la normativa (en este caso D. 6/2012, por tratarse de una ciudad andaluza), calcular los mapas de conflictos y el número de personas afectadas.

Tabla 3. Objetivos de calidad para las áreas acústicas en áreas urbanizadas. Fuente: Decreto 6/2012

Tipo de Área Acústica		Índices de Ruido		
		Ld	Le	Ln
a	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso residencial.	65	65	55
b	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso industrial.	75	75	65
c	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso recreativo y de espectáculos.	73	73	63
d	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso característico turístico o de otro suelo terciario no contemplado en el tipo c.	70	70	65
e	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso sanitario, docente y cultural que requiera de especial protección contra la contaminación acústica.	60	60	50
f	Sectores del territorio afectados a sistemas generales de infraestructuras de transporte u otros equipamientos públicos que lo reclamen.	s/d	s/d	s/d
g	Espacios naturales que requieran una especial protección contra la contaminación acústica.	s/d	s/d	s/d

La principal innovación, en esta fase, es la incorporación de los paisajes sonoros en la evaluación. Esto implica considerar, además de las actuales variables físicas, elementos sensoriales, que permitan establecer la susceptibilidad acústica de las zonas de acuerdo con la realidad de la ciudad y no, simplemente, con respecto a un valor de intensidad sonora. Por ejemplo, el estudio llevado a cabo por **López Barrio, I. (2005)**, ha demostrado cómo la acústica tradicional con su valoración del ambiente sonoro basada en la intensidad, no es la única variable que la determina. Si no que es necesario incorporar datos referentes a la relación del sonido con el contexto en el que se engloba. Con lo cual, la evaluación debe estar cargada de **componentes perceptuales (o sensoriales)**, si se quiere que esta sea rigurosa y de calidad.

1) Evaluación de los niveles de presión sonora pre-operacionales

Según la Directiva 2002/49/CE, se establecieron dos fases para la elaboración de los mapas estratégicos de ruido¹³. La primera en 2007 para todas aquellas aglomeraciones

¹² Hay que volver a destacar que los paisajes sonoros definidos en este estudio son orientativos, no habiendo sido establecidos con el rigor metodológico que se propone.

¹³ Ver <http://sicaweb.cedex.es/>

con más de 250.000 habitantes, grandes ejes viarios cuyo tráfico supere los 6 millones de desplazamientos, grandes ejes ferroviarios con un tráfico superior a 60.000 trenes al año y grandes aeropuertos. Y la segunda en 2012 para aglomeraciones con más de 100.000 habitantes, grandes ejes viarios con un tráfico superior a los 3 millones de desplazamientos al año y grandes ejes ferroviarios cuyo tráfico supere los 30.000 trenes al año. De esta forma, se debe de disponer de los mapas estratégicos del ruido para las principales aglomeraciones urbanas, siendo posible conocer los niveles de ruido pre-operacionales.

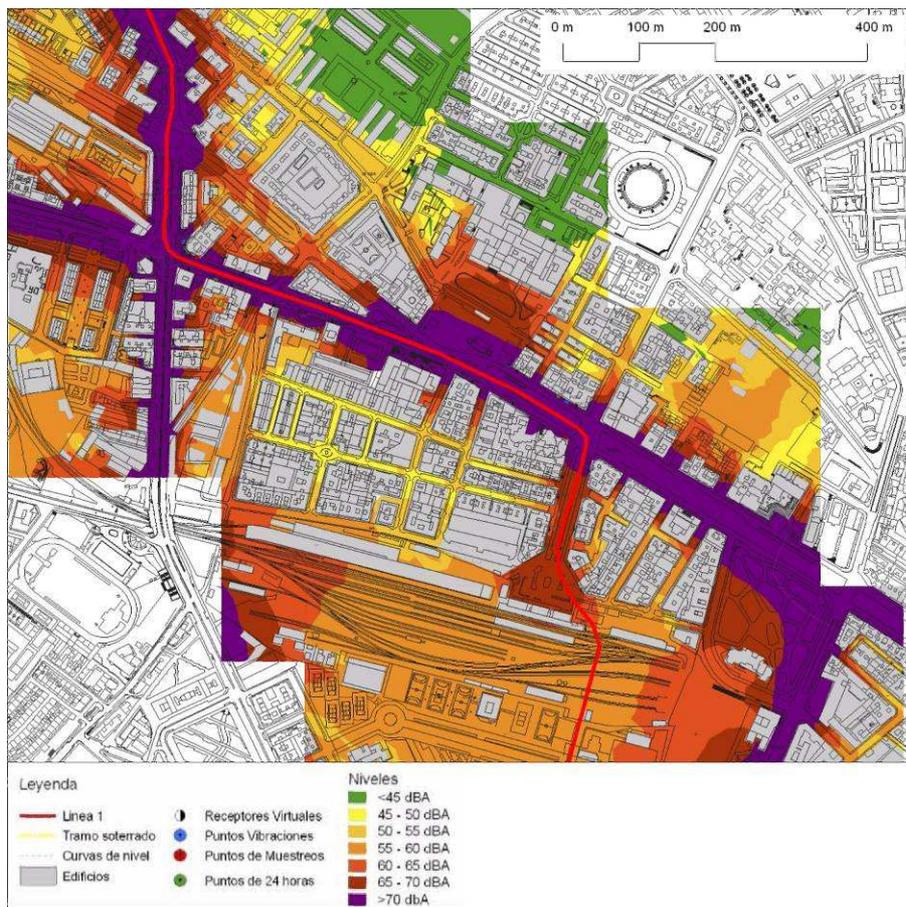


Ilustración 7. Mapa Estratégico del Ruido Pre-operacional (Ld).

Fuente: Proyecto constructivo de la infraestructura y superestructura de la vía de la línea metropolitana del metro ligero de Granada. Tramo 1. Subtramo 2: Villarejo – Méndez Núñez. ANEXO 2: ESTUDIO ACÚSTICO.

El objetivo de evaluar los niveles de presión sonora, en la situación pre-operacional, es poder disponer de unos datos de referencia sobre los cuales comparar el resto de resultados que se obtengan y valorar qué mejoras o impactos va a producir la infraestructura, tanto en la fase de construcción como en la de explotación (post-operacional).

Una vez determinados los niveles de presión sonora para la situación pre-operacional¹⁴ (Ver Ilustración 7), es posible calcular los mapas de conflictos, gracias a los criterios de

¹⁴ Para el estudio se ha tomado como referencia los niveles de presión sonora estimados para la situación pre-operacional en el “Proyecto constructivo de la infraestructura y superestructura de la vía de la línea

calidad establecidos en la normativa (Ver Ilustración 8) y los niveles máximos aceptados para cada uno de los paisajes sonoros determinados (Ver Ilustración 9). Y así poder estimar el número de personas afectadas en cada caso.

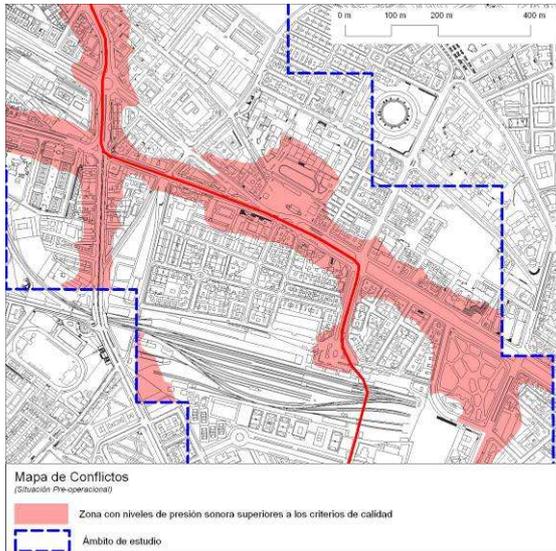


Ilustración 8. Mapa de conflictos de acuerdo con los criterios de calidad para la situación pre-operacional (Ld).
Fuente: Elaboración propia.

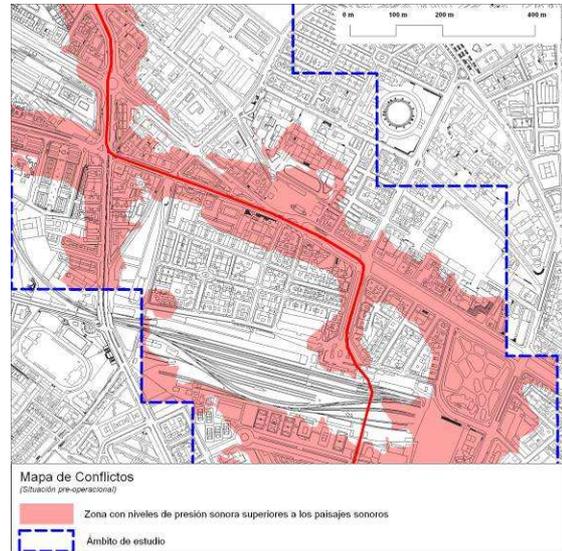


Ilustración 9. Mapa de conflictos de acuerdo con los paisajes sonoros para la situación pre-operacional (Ld).
Fuente: Elaboración propia.

2) Evaluación de los niveles de presión sonora en la fase de construcción

En una infraestructura de metro ligero, los mayores impactos acústicos tienen lugar durante la fase de construcción. Por tanto, se trata de una etapa en la que se deberá evaluar con la mayor certeza posible los potenciales impactos que puedan surgir.

La principal diferencia con la situación pre-operacional es que no es posible medir los niveles de presión sonora y, por tanto, es necesario modelizarlos teniendo en cuenta todas las fuentes sonoras existentes durante su construcción (excavadores, tuneladoras, hormigoneras, etc.), el ruido de otras actividades ajenas al metro y los ordenamientos viales propuestos para esta fase.

Una vez modelizada la situación, al igual que en la situación pre-operacional, se deberán elaborar los mapas de conflictos para determinar qué ámbitos se ven sometidos a niveles superiores a los objetivos de calidad o a los niveles establecidos para cada paisaje sonoro, así como la estimación del número de personas afectadas.

Finalmente, a partir de la información obtenida será más fácil poder prever los principales impactos acústicos derivados de la fase de construcción y actuar en consecuencia, planificando medidas que los eliminen o reduzcan y, además, mejorando su integración.

metropolitana del metro ligero de Granada. Tramo 1. Subtramo 2: Villarejo – Méndez Núñez. ANEXO 2: ESTUDIO ACÚSTICO”.

3) Evaluación de los niveles de presión sonora post-operacionales¹⁵.

Al igual que en la fase de construcción, es necesaria una modelización de los niveles de presión sonora.

Una vez obtenidos los niveles de presión sonora (Ver Ilustración 10), los pasos a seguir son los mismos que en los casos anteriores (pre-operacional y construcción), es decir, calcular los mapas de conflictos (Ver Ilustración 11 y Ver Ilustración 12) y el número de personas afectadas.

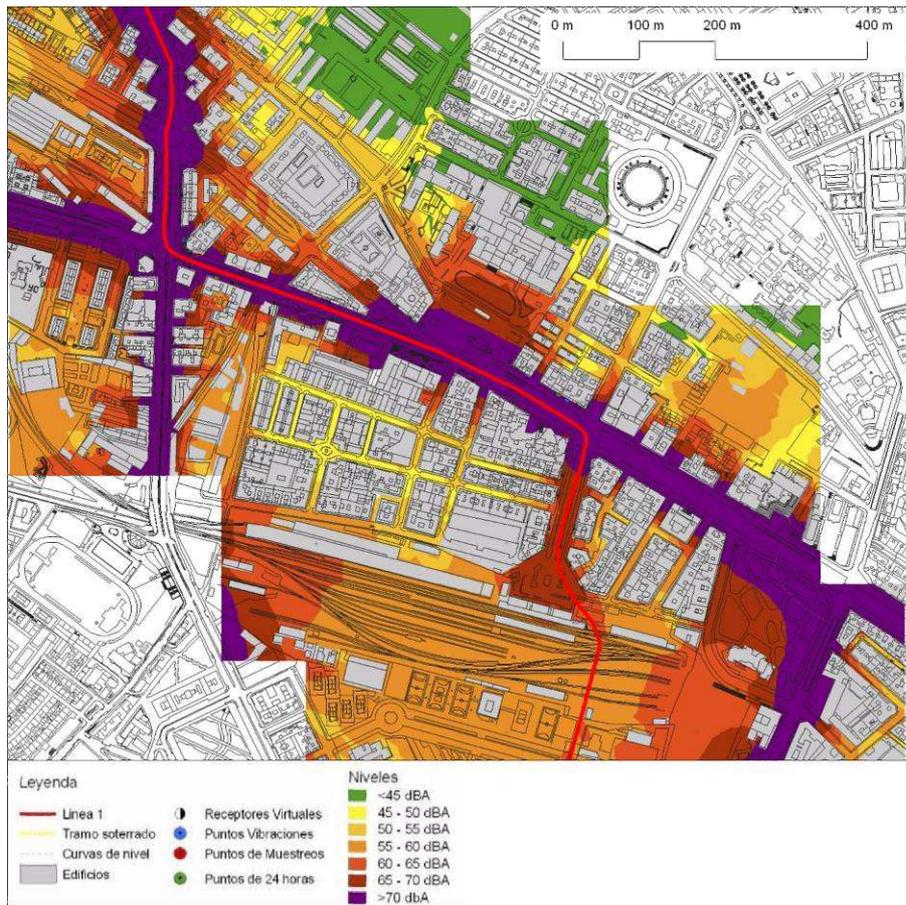


Ilustración 10. Mapa Estratégico del Ruido Post-operacional (Ld).

Fuente: Proyecto constructivo de la infraestructura y superestructura de la vía de la línea metropolitana del metro ligero de Granada. Tramo 1. Subtramo 2: Villarejo – Méndez Núñez. ANEXO 2: ESTUDIO ACÚSTICO.

Una particularidad de esta fase es la posibilidad de calcular los mapas de conflictos según los “paisajes sonoros deseados”. Es decir, se trata de determinar aquellas zonas que van a recibir un mayor impacto de acuerdo con la modificación, recuperación, protección y/o mejora de la calidad de los paisajes sonoros propuestos en la fase pre-operacional.

¹⁵ Para esta situación también se ha recurrido a los niveles de presión sonora, para la fase post-operacional, estimados en el “Proyecto constructivo de la infraestructura y superestructura de la vía de la línea metropolitana del metro ligero de Granada. Tramo 1. Subtramo 2: Villarejo – Méndez Núñez. ANEXO 2: ESTUDIO ACÚSTICO” (Ver Ilustración 10).

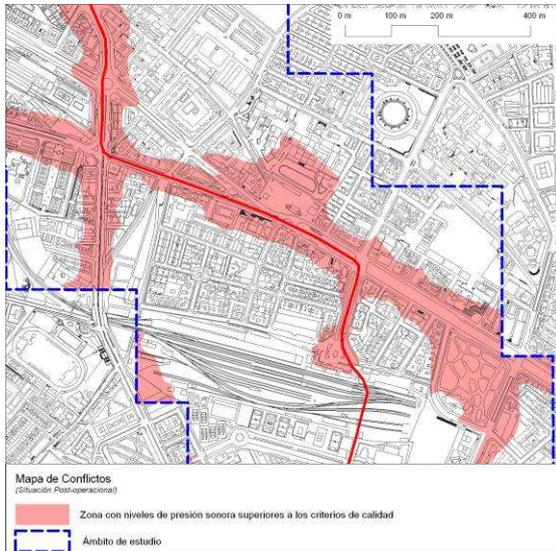


Ilustración 11. Mapa de conflictos de acuerdo con los criterios de calidad para la situación post-operacional (Ld).
 Fuente: Elaboración propia.

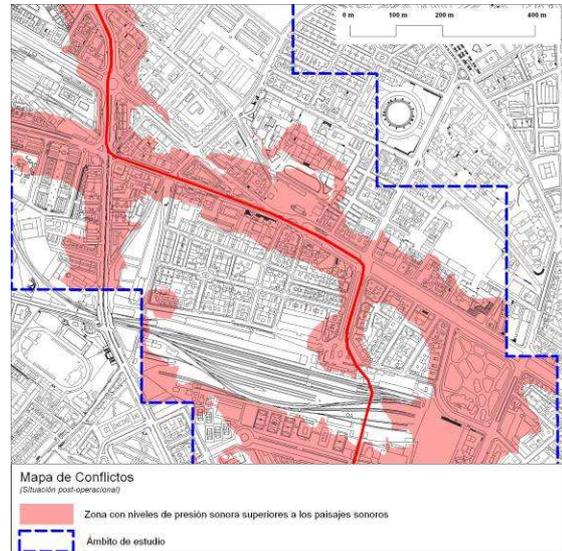


Ilustración 12. Mapa de conflictos de acuerdo con los paisajes sonoros para la situación post-operacional (Ld).
 Fuente: Elaboración propia.

La incorporación del paisaje sonoro en la evaluación acústica, como se ha ido apuntado a lo largo de esta comunicación, permite establecer un proceso más **participativo, integral** y **perceptual**, con respecto a la acústica tradicional. Más participativo porque requiere de la implicación ciudadana para la caracterización y, posterior, evaluación de los diferentes ambientes sonoros, lo que a su vez dota al proceso de un conjunto de nuevos datos (subjetivos y ambientales), lo cuales permiten incorporar esa visión más perceptual. Además, la inclusión de estas nuevas variables (participación y percepción) junto con las que ya se recogen en los actuales estudios acústicos, dotan al estudio de un carácter mucho más integral.

Fase III: Redacción del Plan de Acción

Tras realizar la evaluación para las diferentes fases establecidas, finalmente habrá que plasmar todos los resultados en algún documento mediante el cual difundirlos. Este documento es el Plan de Acción, que además de los resultados obtenidos, debe recoger todas las medidas y acciones encaminadas a la eliminación o mitigación de los impactos detectados.

1) Características de un Plan de Acción

El Plan de Acción constituye el documento final donde deben quedar recogidos los resultados, las conclusiones y decisiones adoptadas para la solución de los problemas del ruido y sus efectos derivados.

El objetivo de las acciones recogidas en los planes es establecer un conjunto de medidas correctivas para poder cumplir con los objetivos de calidad para cada área acústica. Además, de incluir un sistema de control que permita y obligue a dar seguimiento a las emisiones periódica y documentalmente.

2) Contenido de un Plan de Acción

Las características y contenidos mínimos de los Planes de Acción quedan recogidos en la normativa europea (Directiva 2002/49/CE, Anexo V. Requisitos mínimos de los Planes de Acción), los cuales son tomados como base, aunque su contenido final es modificado de acuerdo con los objetivos y resultados de la metodología propuesta. Esta normativa establece que la estructura y el contenido mínimo de los Planes de Acción debe ser:

1. *Descripción del ámbito. Descripción de los principales ejes viarios, los principales ejes ferroviarios o principales aeropuertos y otras fuentes de ruido en los diferentes corredores considerados y que conforman cada una de las alternativas consideradas.*
2. *Autoridad responsable. Autoridad responsable y competente para el desarrollo del correspondiente plan, así como el ámbito de aplicación y las administraciones implicadas en el desarrollo de determinadas actuaciones zonales.*
3. *Normativa de referencia. Establecimiento de la normativa (directivas, leyes, decretos, ordenanzas municipales, normas técnicas, etc.) de referencia para la definición de los valores límite del Plan de Acción.*
4. *Valores límite establecidos. Establecimiento de los valores límite por ámbitos o zonas, establecidos en etapas previas.*
5. *Resumen de la recopilación y análisis de información y de los resultados de los posibles escenarios.*
6. *Evaluación del número estimado de personas expuestas al ruido, determinación de los problemas y las situaciones que deben mejorar.*
7. *Relación de las consultas públicas organizadas con arreglo al apartado 7 del artículo 8 de la Directiva 2002/49/CE sobre evaluación y gestión del ruido ambiental.*
8. *Medidas y Estrategias para la mitigación del Ruido Ambiental.*

Al incorporar el paisaje sonoro, las modificaciones propuestas para el plan de acción responden, exclusivamente, al contenido y no a la estructura. En este sentido, en la descripción del ámbito deberán incluirse la correspondiente a los diferentes paisajes sonoros identificados, al igual que se hace con el objeto del estudio (eje viario, eje ferroviario,...). Por otra parte, también deberán recogerse los valores límite establecidos para cada paisaje sonoro, tal y como se hace para el caso de las áreas acústicas. Otro aspecto más, es la incorporación de un resumen de la información utilizada (encuestas, mediciones, información socioeconómica, etc.) en la caracterización de los paisajes sonoros. Finalmente, también habrá que plasmar los resultados obtenidos en la evaluación del número estimado de personas expuestas al ruido tanto para el caso de los objetivos de calidad como de los paisajes sonoros.

El hecho de incorporar el concepto de paisaje sonoro en el análisis y la evaluación de los estudios acústicos implica, por parte de la autoridad responsable, la obligación de tomar la iniciativa y asumir la responsabilidad de aceptar los resultados que se obtengan. Aceptación que implica la adopción de una actitud **proactiva**. Además, como documento de control estará el Plan de Acción, en el cual se podrán consultar todos los resultados y contrastar si las medidas adoptadas están relacionadas con los resultados obtenidos, entre otros.

INTEGRACIÓN AMBIENTAL URBANA Y VENTAJAS DE LA INNOVACIÓN CONCEPTUAL

La integración urbana en términos de calidad acústica

El concepto *integración* se recoge en el Diccionario de la Real Academia Española como “*la acción y efecto de integrar o integrarse*”, pudiendo entenderse (la integración) como la acción de que algo pase a formar parte de un todo.

Por otra parte, centrándonos en una literatura más especializada, se puede encontrar el concepto de *integración ambiental*, en cuya definición se considera que las partes, de ese todo, son “*los factores y procesos que forman el sistema ambiental, las actividades humanas y su entorno y las actividades humanas que intervienen en el sistema*” (**Gómez Orea, D. 2002**).

En este trabajo el concepto con el que se trabaja es el de integración ambiental urbana en términos de calidad acústica. Por lo tanto, se trata de una integración parcial, si se compara con la definida por Gómez Orea, no alcanzando un rango tan amplio, ya que nos centramos exclusivamente en el factor acústico.

Ventajas de la innovación conceptual

Es a partir del concepto de integración ambiental urbana donde se fundamenta el análisis comparativo de la metodología que se propone y los métodos y técnicas de los actuales estudios acústicos. Como se ha ido señalando en apartados anteriores, son muchos los trabajos de investigación relacionados con la materia acústica que ponen en cuestión los actuales métodos de evaluación (**Adams, M. et. al 2009; Torija, A.J. 2008; De Coensel, B. 2007,...**), desarrollando nuevas formas de entender la realidad acústica de las ciudades y proponiendo estudios más integrales, basados, principalmente, en la forma en que es percibido y el significado del sonido para las personas. La principal diferencia de estos nuevos métodos es la incorporación del concepto de paisaje sonoro, el cual supone un nuevo enfoque para el análisis, la valoración y la evaluación del ambiente sonoro.

Aunque son muchas las diferencias que se pueden identificar entre ambos métodos (Ver apartado III. *Metodología de Trabajo. Propuesta Metodológica: Fases y diferencias con los actuales estudios de ruido*), en esta investigación, los esfuerzos se han centrado en estudiar las principales discrepancias con respecto a tres factores considerados clave: **las bases metodológicas de evaluación, los principios de valoración del ruido y los actores implicados en el proceso.**

Al hablar de las bases metodológicas de evaluación nos referimos a los fundamentos sobre los cuales se apoya cada método para desarrollar su sistema de evaluación. Es decir, mientras que en la evaluación clásica solamente se consideran aspectos relacionados con la reducción de la intensidad de ruidos indeseados (*reducción del nivel de intensidad*), la evaluación con paisajes sonoros sienta sus bases, además de en los anteriores aspectos, en la percepción y significado que las personas tienen del sonido. De forma que puede verse cómo la incorporación de los paisajes sonoros implica una **evaluación más integral**, aspectos negativos y positivos del ruido (Véase: *F.I.-Recopilación y análisis de información* y *F.II.-Evaluación acústica de alternativas*) frente a una evaluación parcial de los actuales modelos, sólo aspectos negativos del ruido.

Con respecto a los principios de valoración del ruido, nos referimos a los fundamentos utilizados en el análisis. Los actuales métodos se centran en las variables físicas (nivel de presión sonora, número de personas afectadas, delimitación de áreas acústicas según usos dominantes del suelo, etc.), es decir, se trata de un análisis centrado exclusivamente en la recopilación de datos objetivos. Sin embargo, la incorporación de los paisajes sonoros en el proceso, precisa de un abanico más amplio de información, siendo necesaria la incorporación de datos objetivos, subjetivos y ambientales (*Ver Delimitación y caracterización de los ambientes sonoros: Paisajes Sonoros*), desarrollando una visión mucho **más perceptual**.

El último aspecto clave analizado, y tal vez el que enriquezca en mayor proporción la capacidad de conseguir un alto grado de integración urbana, es el personal implicado en el proceso. En los actuales estudios acústicos, a causa de sus bases metodológicas y de sus principios de evaluación, las personas implicadas se limitan, exclusivamente, a personal técnico especializado. En cambio, la evaluación mediante paisajes sonoros precisa de la participación ciudadana, ya que necesita conocer cuál es la percepción y el significado (datos subjetivos) que las personas tienen de los ambientes sonoros implicados en el estudio. Además, establece un proceso **participado** de análisis de las características del paisaje sonoro, de identificación de los problemas acústicos, de establecimiento de los objetivos y de diseño de los paisajes sonoros, de forma consensuada entre ciudadanos, políticos y técnicos.

Finalmente, que esta metodología de trabajo conlleva adoptar una **actitud proactiva** ante la actuación contra el ruido ambiental, de forma que las autoridades responsables tendrán que tomar la iniciativa del proceso, asumir la responsabilidad del mismo y aceptar los resultados que se obtengan.

CONCLUSIONES

Con el objetivo de hacer más concisas las conclusiones derivadas de la investigación, se ha optado por clasificarlas en dos categorías. La primera relacionada con los resultados obtenidos y la segunda referente a las principales limitaciones de la investigación.

Conclusiones con respecto a los resultados obtenidos

La incorporación del paisaje sonoro en la integración urbana de los sistemas de metro ligero supone una innovación conceptual, la cual permite desarrollar un estudio más real de la situación acústica de las ciudades, gracias al enfoque holístico que conlleva aplicar la metodología propuesta.

Por otra parte, con la irrupción del concepto de *Soundscapegraphy* se han desarrollado nuevas investigaciones para el cartografiado de los paisajes sonoros, y con ellas técnicas y herramientas para su consecución. Todo ello supone un nuevo avance para la planificación ambiental, permitiendo disponer de una nueva fuente de información sobre la cual definir estrategias y medidas que potencien la integración ambiental urbana en términos de calidad acústica ambiental. Finalmente, aunque se ha aplicado a la planificación y proyecto de un sistema de metro ligero, es extrapolable a cualquier otro ámbito relacionado con la planificación (urbana, territorial, de infraestructuras,...).

Conclusiones con respecto a las limitaciones de la investigación

La no disposición de los suficientes recursos temporales y económicos, han hecho que la metodología propuesta no haya sido llevada a la práctica, quedando muchos aspectos sin depurar (datos subjetivos y ambientales). De esta forma, la aportación se corresponde con una propuesta metodológica teórica, fruto del estudio de varias investigaciones relacionadas con la materia, aplicada al caso de un sistema de metro ligero (Metro Ligero de Granada). Otra de las limitaciones del estudio ha sido tomar los cálculos de los niveles de presión sonora estimados en el *“Proyecto constructivo de la infraestructura y superestructura de la vía de la línea metropolitana del metro ligero de Granada. Tramo 1. Subtramo 2: Villarejo – Méndez Núñez. ANEXO 2: ESTUDIO ACÚSTICO”*, y no los de una modelización propia que permitiese disponer de la información sobre los niveles de presión sonora durante la fase de construcción. Por último, la falta de procesos participativos eficientes que agilicen los trabajos de recopilación de información puede ser una gran limitación para la puesta en práctica del proceso, debido principalmente a la dilatación en el tiempo en comparación con el resto de trabajos asociados con la planificación y proyecto, en este caso de metro ligero.

AGRADECIMIENTOS:

La presente comunicación ha sido realizada bajo la financiación de la Junta de Andalucía y fondos FEDER para el Proyecto de Excelencia **(P09-RNM-5394): “Guías metodológicas para la integración metropolitana de los sistemas de metro ligero (INTEGRA-ME)”**.

BIBLIOGRAFIA

Libros y Artículos

1. **Adams, M., Bruce, N., Davies, W., Cain, R., Jennings, P., Carlyle, A., Cusak, P., Hume, K. And Plack, C. (2008).** *"Soundwalking as methodology for understanding soundscapes"*. Proceedings of the Institute of Acoustics, vol. 30, pt. 2.
2. **Adams, M., Davies, B. and Bruce, N. (2009).** *"Soundscapes: an urban planning process map"*. Inter-Noise, 23-26 August 2009. Ottawa, Canada.
3. **Carles, J.L. y Palmese, C. (2004).** *"Identidad sonora urbana"*. Revista Digital: www.eumus.edu.uy/ps/txt. Escuela Universitaria de Música. Universidad de Montevideo. Uruguay.
4. **De Coensel, B. And Botteldooren, D. (2007).** *"Models for soundscape perception and their use in planning"*. Inter-Noise, 28-31 August 2007. Istanbul, Turkey.
5. **Ge, J., Lu, J., Morotomi, K. and Hokao, K. (2009).** *"Developing Soundscapegraphy for the notation of urban soundscape: Its concept, method, analysis and application"*. Acta Acustica United with Acustica 95, pp. 65-75.
6. **Gómez Orea, D. (2002).** *"Evaluación de impacto ambiental: un instrumento preventivo para la gestión ambiental"*. Ed. Mundi-Prensa Libros.
7. **Hayashi, F. (1999).** *"An attempt on urban soundscapegraphy – a case study of Himeji City (in Japanese)"*. Soundscape 1, pp. 89–98.
8. **Hiramatsu, K (2001).** *"Soundscapegraphy: the need, method and utility"*. Inter-noise 2001, Netherlands, 2001.
9. **Hiramatsu, K. (2000).** *"Soundscapegraphy of old-town of Kyoto with the Gion Festival"*. Journal Acoustical Society of America, Vol. 108, Issue 5, pp. 2497.
10. **Kang, J. And Zhang, M. (2010).** *"Semantic differential analysis of the soundscape in urban open public spaces"*. Building and environment 45, pp 150-157.
11. **López Barrio, I. (2001).** *"El significado del medio ambiente sonoro en el entorno urbano"*. Estudios Geográficos, LXII, 244, pp. 447-466.
12. **López Barrio, I. y Domingo Guillén, R. (2005).** *"Calidad acústica urbana: influencia de las interacciones audiovisuales en la valoración del ambiente sonoro"*. Medio Ambiente y Comportamiento Humano 6(1), pág. 101-107. Ed. Resma.
13. **Pijanowski, B.C., Farina, A., Stuart, H.G., Dumyahn, S.L. and Krause, B.L. (2011).** *"What is soundscape ecology? An introduction and overview of an emerging new science"*. Landscape Ecol, 26, pp. 1213-1232.

14. **Raimbault, M. and Dubois, D. (2005).** *"Urban soundscapes: Experiences and knowledge"*. Cities, Vol 22, No. 5, pp. 339-350.
15. **Schafer, R. M. (1977).** *"The Tuning of the World"*. Nueva York : Knopf, publicado nuevamente en 1994 como The Soundscape, Destiny books, Rochester, Vermont.
16. **Torija, A. J. (2008).** *"Modelo basado en redes neuronales para predecir la estructura temporal y espectral de paisajes sonoros"*. Revista de Acústica, Vol. 41, pp. 5-17.
17. **Torija, A. J. (2010).** *"Modelización y predicción de la estructura temporal y espectral del nivel de presión sonora como herramienta para la gestión de paisajes sonoros urbanos"*. (Tesis doctoral). Universidad de Granada.
18. **Truax, B. (1999).** *"Handbook for acoustic ecology"*. Cambridge Street Publishing, Vancouver, BC.
19. **Truax, B. and Barrett, G.W. (2011).** *"Soundscape in a context of acoustic and landscape ecology"*. Landscape Ecol 26, pp. 1201-1207.

Normativa

1. **Decreto 6/2012**, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de Protección contra la Contaminación Acústica en Andalucía, y se modifica el Decreto 357/2010, de 3 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento para la Protección de la Calidad de Cielo Nocturno frente a la contaminación lumínica y el establecimiento de medidas de ahorro y eficiencia energética. Boletín Oficial de la Junta de Andalucía (BOJA núm. 24). 6 de febrero de 2012.
2. **Directiva 2002/49/CE** del parlamento europeo y del consejo de 25 de junio de 2002 sobre evaluación y gestión del ruido ambiental. Diario Oficial de las Comunidades Europeas. 18 de julio de 2002.
3. **Ley 37/2003**, de 17 de noviembre, del Ruido. Boletín Oficial del Estado (BOE num. 276). Martes 18 de noviembre de 2003.
4. **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. Boletín Oficial del Estado (BOE núm. 254). Martes 23 de octubre de 2007.
5. **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. Boletín Oficial del Estado (BOE núm. 301). Sábado 17 de diciembre de 2005.