

CNOSSOS-EU: desarrollo de un método común de evaluación del ruido ambiental en la Unión Europea

ITZIAR ASPURU SOLOAGA (*) y FERNANDO SEGUES ECHAZARRETA (**)

RESUMEN En el presente artículo se exponen los principales aspectos de los trabajos llevados a cabo en el desarrollo del método común europeo de evaluación del ruido ambiental CNOSSOS_EU. Se resumen su concepción, estructura y contenido, y las bases metodológicas sobre las que se sustenta. Teniendo en cuenta la experiencia acumulada en la primera fase de elaboración de los mapas estratégicos de ruido, se establecen algunas conclusiones sobre su aplicación para la tercera fase, y sus implicaciones para el caso español.

CNOSSOS-EU: DEVELOPMENT OF A COMMON ENVIRONMENTAL NOISE ASSESMENT METHOD IN THE EUROPEAN UNION

ABSTRACT *This article presents the main aspects of the work undertaken in the development of the common european method of environmental noise assessment CNOSSOS_EU. It summarizes the design, structure and content, and the methodological basis on which it is based. Taking into account the experience gained in the first round of strategic noise mapping, some conclusions are settled about its application for the third round, and its implications for the Spanish case.*

Palabras clave: Ruido ambiental, Metodología, Cálculo, Mapas de ruido.

Keywords: Environmental noise, Methodology, Calculation, Noise maps.

1. INTRODUCCIÓN

La Directiva 2002/49/EC sobre evaluación y gestión del ruido ambiental estableció que todos los Estados Miembros deben elaborar cada 5 años Mapas Estratégicos de Ruido (MER) con el objetivo de evaluar la exposición de los ciudadanos europeos al ruido ambiental. El artículo 6 facultó a la Comisión Europea para establecer métodos de evaluación comunes que garantizaran la comparabilidad de los resultados obtenidos en los mapas.

Mientras se trabajaba en la definición y desarrollo de estos métodos comunes, tal y como establece la Directiva, los Estados Miembros que disponen de métodos nacionales de evaluación continuaron utilizándolos de manera transitoria adaptándolos a las exigencias de la Directiva. Para aquellos países que no disponen de estos métodos, como es el caso de España, la Comisión recomendó el uso de los denominados “métodos interinos” [Wölfel et al., 2003].

En este contexto, la Comisión Europea decidió desarrollar un método común de evaluación del ruido para el tráfico rodado, el tráfico ferroviario, el tráfico aeroportuario y el ruido industrial, que una vez adoptado por los Estados Miembros, se prevé que sea utilizado en la elaboración de los mapas estratégicos de ruido (MER) a partir de la 3ª fase (2017) [JRC 2010]. Este método común ha sido bautizado con el nombre de CNOSSOS-EU, acrónimo procedente de la denominación “Common NOise aSSessment methOdS”¹.

El método está basado en el estado del arte del conocimiento técnico/científico y de la experiencia práctica en los Estados Miembros de la UE, y el objetivo fundamental perseguido durante su proceso de desarrollo ha sido el establecimiento de una metodología común para la realización de los Mapas Estratégicos de Ruido, de manera que los resultados obtenidos en cada Estado Miembro sean fiables y comparables entre sí. El planteamiento general y el desarrollo realizado de la formulación de cálculo de niveles sonoros permiten realizar evaluaciones muy precisas de los mismos, contemplando todos los aspectos relevantes que intervienen en la caracterización de las fuentes de ruido (tráfico viario, tráfico fe-

(*) Licenciada en Ciencias Físicas. Miembro del Comité Técnico CNOSSOS-EU. Unidad de Medio Ambiente. Tecnalia. Email: itziar.aspuru@tecnalia.com

(**) Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Jefe del Área de Contaminación Acústica. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX). Email: fsegues@cedex.es

¹ El nombre de CNOSSOS (o KNOSOS) evoca además la ciudad cretense y el palacio del mismo nombre, donde según la tradición se situaba el laberinto construido por el rey Minos, entroncando con los orígenes de la civilización europea, lo que en cierto modo refuerza la idea de un método europeo común.

rroviario, tráfico aéreo y ruido industrial) y en la propagación del sonido entre fuentes y receptores. Por ello, desde nuestro punto de vista, en el futuro CNOSSOS-EU podrá ir más allá de su utilización para los mapas estratégicos de ruido, ya que entendemos que puede convertirse en el método utilizado en Europa para el cálculo de niveles de ruido y la evaluación de la exposición de la población al ruido ambiental y de los planes de acción de lucha contra el ruido, y así puede permitir a las autoridades competentes dar coherencia a los elementos del proceso de gestión: mapas de diagnóstico y planes de acción.

Dado que el objetivo final es la adopción por parte de los Estados Miembros de una metodología común, los trabajos llevados a cabo no se han limitado al desarrollo de las formulaciones matemáticas que permitan caracterizar las emisiones sonoras y evaluar las atenuaciones en la propagación sonora, sino que han pretendido crear un marco metodológico completo, que incluya los requerimientos y directrices para su aplicación en la elaboración de los MER.

Por ello, junto con los algoritmos de cálculo, CNOSSOS-EU dispondrá de más elementos [JRC 2010]. Por un lado, la "Guía de Buen Uso (Guide of Competent Use)" en donde se establecerán los criterios de cálculo, la precisión necesaria para cada tipo de datos de entrada y los criterios para la evaluación de la población expuesta. También está prevista la creación de una Base de Datos de CNOSSOS-EU que incluya datos por defecto para algunos parámetros, así como el desarrollo de un software de referencia que tenga implementados los algoritmos de cálculo.

Una vez completada la definición del marco metodológico, los desarrolladores de los "software" de previsión de niveles sonoros deberán implementar esta metodología en sus programas de cálculo. Este desarrollo implica no solamente la introducción de las fórmulas de cálculo del CNOSSOS-EU, sino que debe además tener en cuenta las consideraciones establecidas en la Guía de Buen Uso en cuanto a la precisión requerida para cada dato de entrada e incluir las necesarias bases de datos, de manera que el usuario final pueda, en función de los datos de entrada exigidos, obtener los resultados de los MER.

El usuario final, debe poder confiar en la validez de los cálculos acústicos realizados por los programas informáticos, centrando sus esfuerzos en la obtención de datos de entrada pertinentes, fiables y con el grado de detalle exigible por CNOSSOS-EU para los MER. Debe realizarse por lo tanto un trabajo de adaptación de la metodología que permita al usuario final definir los escenarios de cálculo de manera simple, guiada por el propio programa, y limitando al máximo las posibilidades de interpretación de los datos de entrada y de los parámetros de cálculo.

En este sentido, el marco metodológico definirá qué datos de entrada se consideran esenciales por su influencia en el resultado final de los MER y cuáles no los son. Los datos de entrada esenciales deberían reflejar con un grado de precisión adecuado la realidad del escenario representado, mientras que para los otros datos de entrada podrán utilizarse valores por defecto propuestos en las Bases de Datos o en la Guía de Buen Uso de CNOSSOS-EU.

Desde nuestra experiencia, el usuario final debe centrar la caracterización de los escenarios en una correcta definición geométrica de las fuentes de ruido, del terreno, y de los obstáculos (fundamentalmente edificaciones y barreras antirruído), y la introducción de los datos de tráfico y otros necesarios para la caracterización acústica de las fuentes de ruido, dado que debe ser el propio "software" el que garantice la consistencia de los cálculos realizados y su conformidad con el CNOSSOS-EU.

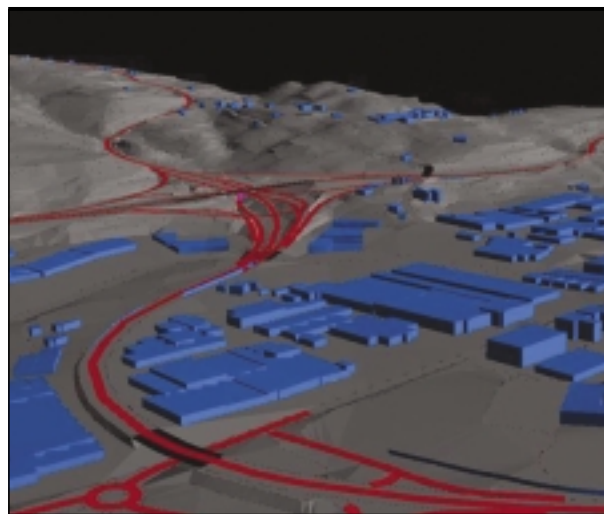


FIGURA 1. Modelización de terreno 3D con procesamiento de orografía compleja, edificios, plataformas y viaductos.

Esos aspectos de la aplicación de los métodos deberán ser ineludiblemente tratados en la Guía de Buen Uso del CNOSSOS-EU, ya que, en la práctica, de ello va a depender la comparabilidad de los MER realizados por los distintos Estados Miembros.

2. EL CAMINO HACIA UN METODO COMÚN

El desarrollo del método CNOSSOS-EU ha sido coordinado por la Dirección General Joint Research Centre (DG JRC), por encargo de la Dirección General de Medioambiente (DG ENV), ambas de la Comisión Europea. En los trabajos realizados hasta la fecha han formado parte activa un importante número de expertos, entre los que destacan los miembros del Comité Técnico CNOSSOS-EU, designados específicamente por los Estados Miembros.

En la actualidad se están perfilando los últimos detalles del método y se trabaja en la redacción de la Guía de Buen Uso. Los trabajos han seguido lo establecido en una "hoja de ruta" que básicamente ha incluido los siguientes pasos:

- Paso 1: Estudios y experiencias sobre la equivalencia entre los métodos de evaluación nacionales, utilizados en algunos Estados Miembros, y los métodos interinos fijados en la Directiva y utilizados en otros Estados.
- Paso 2: Definición de los objetivos de calidad y de los requisitos de los datos de entrada para la realización de los MER.
- Paso 3: Requisitos y criterios para la selección de los métodos de evaluación existentes que, por responder mejor a las necesidades de la Directiva, van a ser utilizados como base del CNOSSOS-EU.
- Paso 4: Consideraciones sobre un marco metodológico específico para su aplicación en la elaboración de mapas estratégicos de ruido.
- Paso 5: Selección de los componentes particulares que deben integrar el método común.
- Paso 6: Borrador de propuesta del marco metodológico CNOSSOS-EU y de la Guía de Buen Uso.
- Paso 7: Consulta, revisión y finalización de CNOSSOS-EU junto con los Estados Miembros (fase actual).
- Paso 8: Preparación de la parte operativa (condiciones para su desarrollo en software) de CNOSSOS-EU.

- Paso 9: Apoyo a largo plazo a los Estados Miembros en la implementación del método en las futuras fases de mapas estratégicos de ruido.

Cabe destacar que como parte del Paso 8 mencionado previamente está previsto abordar una actividad de validación de resultados, tanto entre casos de estudio que definan diferentes escenarios a modelizar, como frente a datos resultantes de campañas de medición de niveles de ruido.

Siguiendo el esquema de trabajo descrito, el desarrollo del método común seleccionó inicialmente un considerable número de métodos para su análisis. Tabla 1.

Road traffic noise method	Country
ASJ RTN 2008	JP
CRTN	UK
HARMONOISE/IMAGINE	EU
NMPB 2008	FR
Nord 2000	DK-FHS-NO-SE
RLS90 / VBUS	DE
RMW	NL
RVS	AT
Sonroad	CH
Railway traffic noise method	Country
CRN	UK
HARMONOISE/IMAGINE	EU
Nord 2000	DK-FHS-NO-SE
Onorm 305011	AT
RMR	NL
Schall 03 / VBUSch	DE
Semibel	CH
Industrial noise method	Country
HARMONOISE/IMAGINE	EU
ISO 9613	EU
Aircraft noise method	Country
AzB 2008	DE
ECAC Doc. 29 3 rd Ed.-ICAO doc. 9911	EU
FLULA	CH
INM	US
JCAB	JP
NORTIM	NO
HARMONOISE/IMAGINE	EU

TABLA 1. Métodos de cálculo considerados en los trabajos de desarrollo de CNOSSOS-EU. JRC, 2010.

Se realizaron varias fases de selección, en las que se analizó la adecuación de cada método a una serie de requisitos esenciales y a otros considerados como recomendables, siempre fijándose en el propósito de elaboración de los MER. En este sentido, se han utilizado en mayor medida como base inicial del CNOSSOS-EU los siguientes métodos: Harmonoise [de Vos, P., Beuving, M. and Verheijen, E. 2005], IMAGINE [Chiari, C., Iacoponi, A. and Van Maercke, D. 2007] NMPB 2008 [SETRA, 2009] y NORD 2000 [Jorgen, K. and Birger, P., 2000] para la evaluación del ruido de la carretera, ferroviario e industrial; ECAC-Doc29 [ECAC 2005] y AZB 2008 modificados para ruido de aeronaves; y algunos aspectos de otros métodos para completar algún componente del CNOSSOS-EU (ASJ RTN 2009 y Schall03 para ferrocarriles y la norma ISO 9613 para industria [ISO 9613-1:1993]).

Como resultado de los trabajos, el Joint Research Centre ha elaborado un borrador inicial del método CNOSSOS-EU. El esfuerzo realizado ha sido muy notable, con unos resultados muy convincentes, y lo que en principio parece ser, un alto grado de consenso entre los expertos en cuanto a la validez técnica del método propuesto, si bien quedan aún por establecer algunos detalles técnicos de cierta relevancia.

3. EL MÉTODO CNOSSOS-EU

3.1. PLANTEAMIENTO GENERAL

Tal y como se ha comentado previamente, la definición del método CNOSSOS-EU es el resultado, entre otras acciones, del análisis de los principales métodos de evaluación de niveles sonoros. Básicamente se apoya en los resultados de los proyectos de I+D europeos desarrollados consecutivamente Harmonoise e Imagine, en el método francés NMPB 2008 y en el método nórdico Nord 2000, incorporando en temas concretos las aportaciones metodológicas presentes en otros métodos reconocidos.

El método se estructura fundamentalmente en torno al cálculo de la potencia sonora de las fuentes de ruido y el desarrollo del cálculo de las atenuaciones en la propagación del sonido. Las fuentes consideradas son las establecidas en la Directiva END: tráfico viario, tráfico ferroviario, tráfico aéreo y ruido industrial.

El método establece una misma aproximación para todas las fuentes de ruido, lo que representa un claro avance respecto a los métodos interinos. Desde el punto de vista de la evaluación del ruido ambiental, las distintas variables con incidencia en la generación y en la propagación del sonido son consideradas adecuadamente y de forma muy completa.

Además, el método distingue la contribución de los diferentes mecanismos de generación de ruido en la potencia sonora de las fuentes, especialmente en el caso de ruido de tráfico viario y ferroviario, y define varios focos de ruido localizados a diferentes alturas entre los que se distribuye la potencia sonora debida a cada tipo de ruido. Esta aproximación está en línea con los métodos de cálculo más avanzados y es interesante en cuanto a que permite definir con más precisión las líneas de actuación necesaria para procurar la reducción de las emisiones, ayuda a definir las responsabilidades en su adopción y permite optimizar la eficacia a alcanzar por los Planes de Acción a implantar.

Las decisiones tomadas en la construcción del cuerpo matemático que sustenta el método están dirigidas a la elaboración de los MER en situaciones convencionales, para lo cual queda definido el núcleo central del método de cálculo CNOSSOS-EU, cuyo uso será obligatorio en las futuras fases de entrega de MER en respuesta a la Directiva. No obstante, tam-



FIGURA 2. Extracto de Mapa Estratégico de Ruido de una carretera.

bién se ha planteado la posibilidad de que, cuando se considere apropiado y justificado, se utilice toda la gama de posibilidades del marco metodológico CNOSSOS-EU. Esta flexibilidad está justificada actualmente por la posible necesidad, en determinados escenarios de considerar con mayor precisión el efecto del terreno o de las condiciones meteorológicas para el cálculo de sus efectos en la propagación del sonido.

Como se ha indicado previamente, de cara a procurar la calidad del resultado de los MER, en términos de su verosimilitud para representar las situaciones evaluadas, el marco metodológico definirá, para la caracterización de la emisión sonora y para el cálculo de la propagación del sonido, qué datos de entrada se consideran esenciales por su influencia en el resultado final de los MER y cuáles no lo son.

A los efectos de este método, un parámetro se considera esencial cuando al introducir los posibles valores que puede adoptar en los Estados Miembros, los resultados obtenidos en los indicadores L_{den} o L_{night} varían en una posición de receptor particular, de más de ± 2.0 dB (A) 95% C.I. (si todos los demás parámetros no se modifican).

En este sentido, los datos de entrada esenciales deben reflejar con un grado de precisión adecuado la realidad del escenario representado, mientras que para otros datos de entrada podrán utilizarse valores por defecto propuestos en las Bases de Datos o en la Guía de Buen Uso de CNOSSOS-EU.

En el apartado siguiente se exponen y comentan parte de los contenidos de la última versión pública del documento de referencia para el método CNOSSOS-EU, elaborado por el JRC (JRC 2010).

Consideramos que para poder llevar a cabo esta aplicación el método deberá completar algunos aspectos que aún no han sido definidos (Bases de Datos, por ejemplo) y establecer los criterios de aplicación de la Guía de Buen Uso, actualmente en periodo de redacción, que acompañarán al método CNOSSOS-EU.

3.2. CARACTERIZACIÓN DE LA EMISIÓN SONORA

3.2.1. Tráfico viario:

Respecto a la clasificación de los vehículos, CNOSSOS-EU establece cuatro categorías: vehículos ligeros; dos tipos de vehículos pesados, diferenciados por el número de ejes; y motocicletas o vehículos de motor de dos ruedas.

En España, tradicionalmente se han venido utilizando únicamente dos categorías (ligeros y pesados), pero parece más adecuado incluir los vehículos de dos ruedas. Por otro lado, no se considera que sea especialmente problemático establecer alguna diferenciación entre los vehículos pesados, tal y como se plantea en el método.

El cálculo incorpora de forma separada el ruido de rodadura, representado por un foco de ruido cerca de la carretera en el caso de los vehículos ligeros y pesados, y el ruido de propulsión, representado por un foco de ruido a una altura fija para cada categoría de vehículo. En el caso de las motocicletas se asume que el ruido de rodadura es despreciable.

El ruido de rodadura incluye la posibilidad de considerar los efectos de las aceleraciones y deceleraciones, y el gradiente de la carretera, introduciendo correcciones respecto a las condiciones de referencia. El método establece un tipo de pavimento de referencia y facilita fórmulas que permiten corregir los resultados en función de las características del pa-

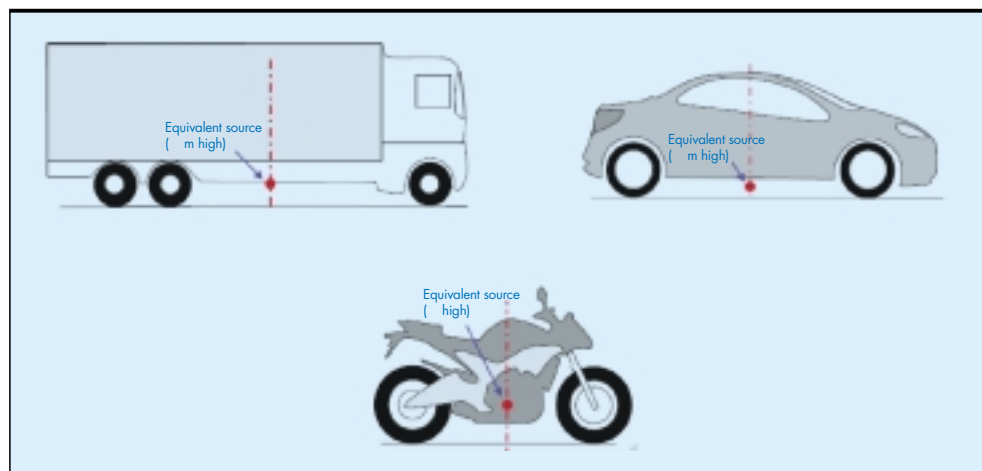


FIGURA 3. Localización de focos puntuales equivalentes en vehículos para la consideración del tráfico viario.

vimiento y de su edad y estado de mantenimiento. El método considera que el tipo de pavimento modifica tanto el ruido de rodadura, como también el ruido de propulsión.

Por último, el método se plantea establecer correcciones regionales para considerar las desviaciones que se pueden producir en algunos Estados Miembros respecto a las condiciones medias contempladas para la elaboración del CNOSOS-EU: flota de vehículos, condiciones ambientales de la carretera y su entorno, etc.

Dado que la caracterización de la emisión resulta muy exhaustiva, se considera fundamental que se definan de forma justificada los datos de entrada que se consideran esenciales y en cuya adquisición se deben centrar los esfuerzos, y evitar gastar recursos en lograr una alta precisión en otros datos que no siempre estarán disponibles.

3.2.2. Tráfico ferroviario

Respecto a la clasificación de vehículos, el método establece los descriptores que deben ser utilizados para definir trenes y vehículos (tipo de carga, número de ejes, frenos, ruedas, etc.). Establece asimismo, los descriptores para clasificar el tipo de vía (carriles, traviesas, base, rugosidad, uniones, etc.)

Como en el caso de la caracterización del tráfico viario, en la emisión de los ferrocarriles se diferencia el efecto de diferentes mecanismos de generación: ruido de rodadura, ruido de tracción, ruido aerodinámico, ruido de impacto, ruido producido por chirridos, ruido asociado a la acción de frenado y efectos adicionales en viaductos y en túneles.

Estas contribuciones a la potencia total del ruido ferroviario se representan mediante focos de ruido equivalentes situados a cinco posibles diferentes alturas. Así, el foco ubicado a la altura del contacto rueda-carril considera parte del ruido de rodadura, de impacto y de chirrido; mientras que el foco ubicado en el centro de la rueda considera la contribución de todos los tipos de ruido definidos; el foco ubicado a la altura de los equipos auxiliares considera únicamente el ruido de tracción; mientras que los focos ubicados en alturas de 4 y 5 metros representan el ruido aerodinámico, en las categorías de tren y velocidades en las que sea relevante.

Para el cálculo del ruido de rodadura se consideran cuatro elementos: rugosidad de la rueda, rugosidad del carril, fun-

ción de transferencia del vehículo y función de transferencia de la vía, para posibilitar considerar por separado la contribución de los vehículos y la de la vía.

Aunque la estructura de cálculo es completa aún faltan por definir las bases de datos para los parámetros asociados a los tipos de vehículos y a los tipos de vía y completar todas las tablas de los apéndices. Dado que el planteamiento del método supone un cambio cualitativo respecto a la aplicación actual, al utilizar datos de rugosidad para calcular la excitación creada por la rodadura y funciones de transferencia para calcular la emisión acústica ocasionada por el efecto de la rugosidad, es necesario analizar la validez en las infraestructuras y trenes españoles de las nuevas bases de datos que se creen para la aplicación de CNOSOS-EU. Cabe subrayar que el marco metodológico asume la posibilidad de integrar en el método bases de datos existentes en los diferentes Estados Miembros para permitir su utilización y mantener una línea de continuidad con evaluaciones realizadas previamente.

3.2.3. Tráfico aéreo

La base para la evaluación del ruido de las aeronaves en el método CNOSOS-EU es el método contenido en el documento 29 (3ª edición) de la "European Civil Aviation Conference (ECAC)". Se introducen algunas mejoras potenciales, principalmente relacionadas con el uso de algunos elementos de evaluación del método alemán AzB. La base de datos recomendada es la ICAO Aircraft Noise and Performance (ANP) Database version 2 (2011).

Se pretende que el método pueda ser aplicado, además de a las aeronaves de aviación general, a helicópteros y a aviones militares.

El ruido en tierra de los motores se calcula con el módulo de cálculo CNOSOS-EU para ruido industrial.

3.2.4. Ruido industrial

Básicamente el método establece las necesidades de información para determinar la potencia sonora de las fuentes. Estas pueden ser puntos, líneas o superficies, que finalmente son equiparadas a un determinado número de puntos de emisión en función del tamaño de la fuente.

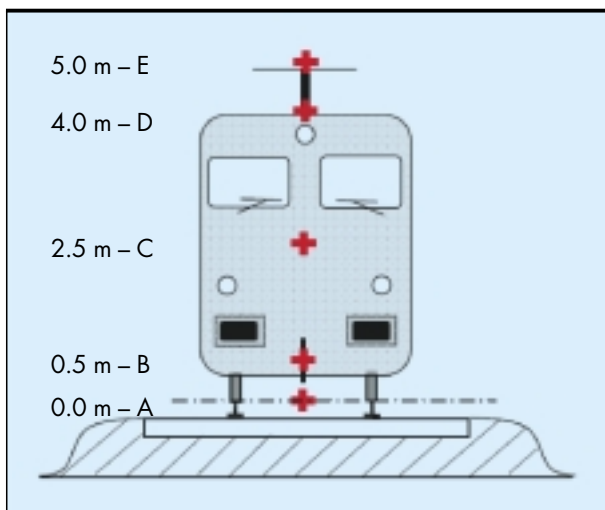


FIGURA 4. Posición de focos de ruido equivalentes para la consideración del tráfico ferroviario.



FIGURA 5. Rugosidad de carril: desgaste ondulatorio en línea de Metro.



FIGURA 6. Realización de medidas de presión para caracterizar la potencia acústica de focos industriales.

Para caracterizar la potencia de emisión es necesario disponer de medidas de potencia sonora de la fuente, dada la gran variedad de focos y situaciones que se pueden presentar. Se plantea la posibilidad (aún por desarrollar) de incorporar una base de datos con las fuentes de ruido más habituales.

3.2.5. Atenuación en la propagación

El método establece el modo de considerar los rayos sonoros y desarrolla de forma muy completa las fórmulas de cálculo de la atenuación debida a la propagación (divergencia geométrica, absorción atmosférica, difracción, reflexión, efecto del terreno, refracción atmosférica, etc.).

Recientemente se ha tomado la decisión de recomendar que CNOSSOS-EU incorpore el modelo de propagación sonora basado en las formulaciones de la norma francesa NF-S 31-133, utilizada en el método nacional francés NMPB 2008.

La selección del método base para el módulo de propagación de CNOSSOS-EU se ha basado en un análisis coste-beneficio sobre el comportamiento de diferentes métodos evaluados ante cada uno de los siguientes aspectos:

- Precisión (grado de definición del método).
- Precisión (grado de error de los resultados de los cálculos).
- Velocidad de cálculo.
- Flexibilidad (capacidad de evaluar todas las situaciones acústicas posibles).
- Sencillez.
- Número de parámetros requeridos.

Por lo tanto, en la actualidad se considera que el módulo de propagación de CNOSSOS-EU responde a un buen compromiso para hacer eficiente el método de evaluación para realizar los MER. Sin embargo, el rendimiento de este módulo será validado frente a resultados de medidas de ruido para avalar la precisión aportada.

Complementariamente a esta decisión, dado que se considera que el método Harmonoise - P2P Versión 2.020 es superior

en términos de la consideración de los efectos meteorológicos y de los efectos de terreno, aunque requiera tiempos de cálculo inconvenientemente largos cuando se trata de realizar MER de grandes aglomeraciones, se recomienda utilizar HARMONOISE P2P como parte del marco metodológico CNOSSOS-EU para el manejo de situaciones especiales donde los efectos meteorológicos y del suelo sean obviamente muy importantes, debido a las especificidades de la situación modelizada.

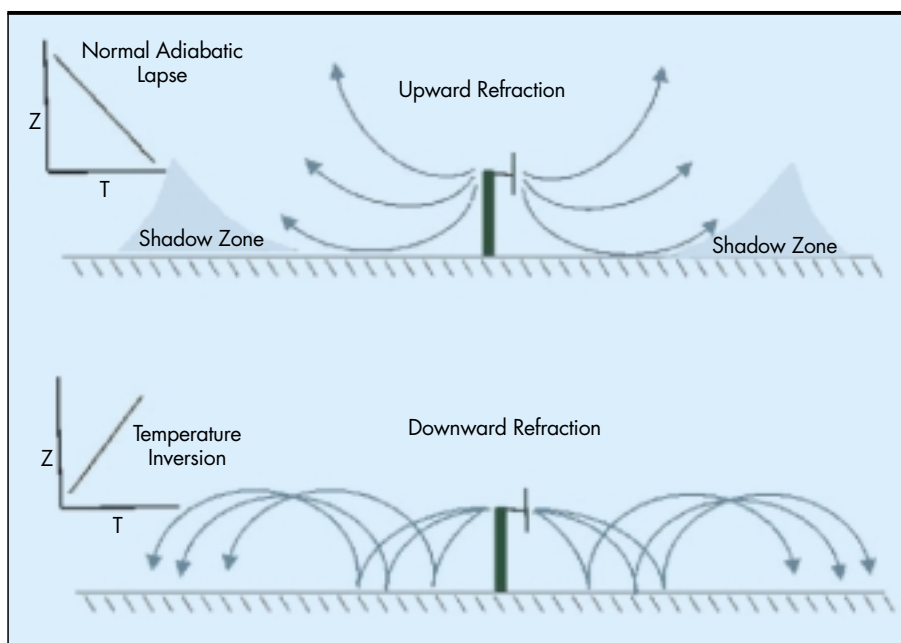
Se entiende que la flexibilidad que actualmente se está definiendo en el método de cálculo de la propagación se enmarca en el planteamiento general de CNOSSOS-EU que admite que en determinados casos especiales la elaboración de los MER se utilice otras capacidades del método diferentes a lo fijado en su núcleo central.

En cualquier caso, ambos métodos contemplan con mayor o menor detalle los efectos de refracción de los rayos acústicos que originan la presencia y velocidad del viento y el gradiente de temperatura del aire. Sin embargo, en cuanto a su aplicación práctica es preciso destacar que la obtención de los datos que permitan caracterizar estas condiciones meteorológicas representativas de una situación anual resulta muy difícil, en especial en el caso de grandes infraestructuras lineales de transporte si se tiene en cuenta que se trata de condiciones LOCALES, que muchas veces no pueden ser asimiladas a las condiciones de las estaciones meteorológicas de referencia.

Esta preocupación se mantiene en la aplicación de ambas opciones de cálculo. Por un lado, la opción simplificada, que asume sólo la existencia de condiciones homogéneas y favorables, puede llevar a tomar la decisión de adoptar por defecto condiciones favorables de propagación durante el periodo de noche, lo que repercute en una sobreestimación de los niveles sonoros, sobre todo a larga distancia. Por otro lado, la opción más precisa requiere mayor calidad en los datos meteorológicos, lo que como se ha indicado es realmente complejo.

Por tanto, es necesario que el marco metodológico CNOSSOS-EU aborde con especial cuidado los aspectos relacionados con los datos de entrada requeridos para la consideración de los efectos meteorológicos en la propagación del sonido.

FIGURA 7. Situaciones favorables y desfavorables a la propagación: refracción del ruido ocasionada por el perfil vertical de temperatura. Kaliski K. y Duncan E. (2010).



4. LA GUÍA DE BUEN USO DEL MÉTODO CNOSSOS-EU

CNOSSOS-EU es una herramienta para la implementación de la Directiva y, en este sentido, debe establecer un proceso *consistente y fiable* de evaluación, capaz de proporcionar resultados *comparables* y que reflejen suficientemente la situación representada en los *Mapas Estratégicos de Ruido* realizados por los Estados Miembros al cumplir con sus obligaciones de la END.

Es evidente que los objetivos perseguidos en la puesta en marcha de CNOSSOS-EU no se alcanzarían abordando exclusivamente las formulaciones matemáticas que contiene el método de cálculo. Es necesario, de forma complementaria y coordinada con el método, definir el procedimiento completo a seguir en la elaboración de los MER, armonizar la interpretación del método de cálculo y fijar una referencia de la calidad necesaria de los MER.

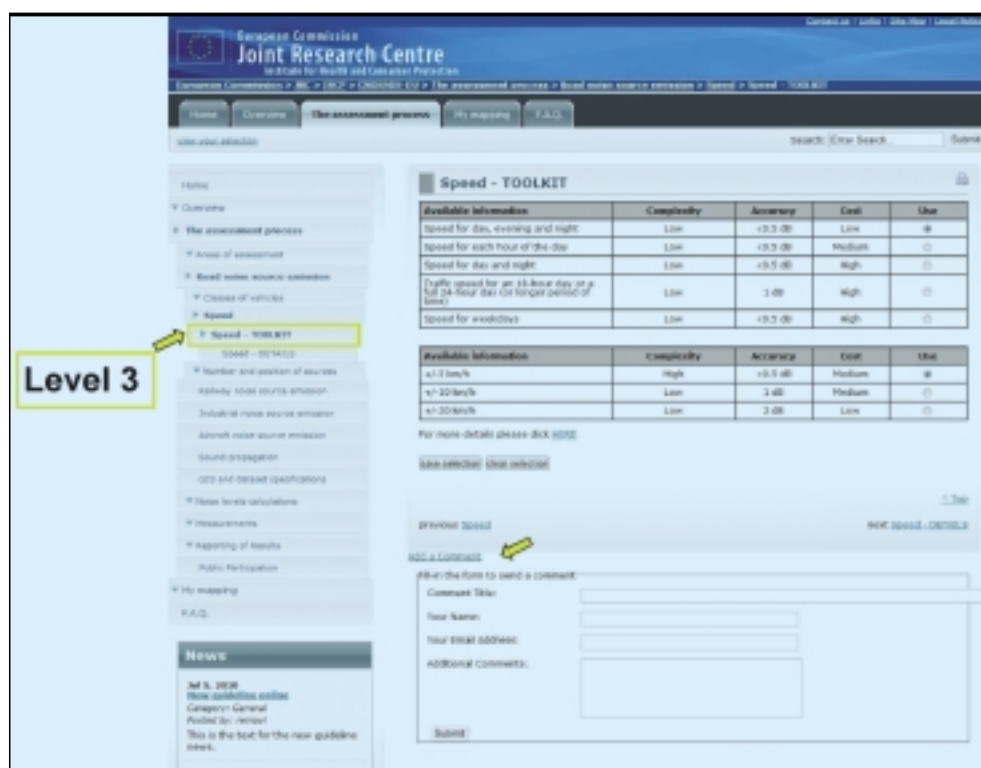


FIGURA 8. Ejemplo de la estructura preliminar de la Guía de Buen Uso del método CNOSSOS-EU. Extracto de la Presentación del JRC en EIONET meeting, Copenhagen 7-8 Octubre 2010.

Así, se ha decidido que el CNOSSOS-EU irá acompañado de una Guía de Buen Uso que contemple los aspectos mencionados en la aplicación práctica del método para los MER. La guía se encuentra en fase de elaboración.

La experiencia de la primera fase de elaboración de Mapas Estratégicos de Ruido avala esta necesidad, dado que se ha producido una importante incertidumbre a la hora de comparar resultados debida, en buena parte, a las diferentes interpretaciones de la metodología de elaboración de los mapas y a la discrepancia de criterios respecto a la aplicación del método.

La Guía de Buen Uso contendrá el procedimiento completo a seguir en la elaboración de los MER, definiendo con precisión los focos de ruido y el alcance que deben considerarse en los MER, es decir especificando qué carreteras, líneas ferroviarias, aeropuertos e industrias deben ser incluidos en los mapas estratégicos de ruido de las aglomeraciones. También deberá dar una definición precisa sobre cómo realizar las evaluaciones de la exposición al ruido ambiental, tanto la exposición de la vivienda, como la del territorio y la de la población.

La Guía de Buen Uso deberá armonizar la interpretación del método de cálculo, especialmente dar criterios para entender y aplicar correctamente la flexibilidad que se está planteando en su utilización, en cuanto que se distingue entre la aplicación de un núcleo principal de CNOSSOS-EU, de obligatorio cumplimiento para la elaboración de los MER, aunque se acepta la utilización apropiada de capacidades adicionales del método en determinadas situaciones complejas.

La Guía de Buen Uso deberá, por último, fijar una referencia de la calidad necesaria de los MER. En este sentido, como ya se ha mencionado se distinguirán algunos parámetros de entrada que se consideran esenciales para la realización de los mapas, de otros parámetros de entrada que se consideran significativos sólo en situaciones locales específicas. Y, dado que se establece que en la aplicación del método, los datos de entrada para los parámetros esenciales deben reflejar la situación real, se definirá una referencia común en cuanto a la precisión requerida para estos datos de entrada esenciales, atendiendo a los costes que supondrá a los Estados Miembros su obtención en el proceso de realización periódica de los MER. La Guía también aportará valores de entrada por defecto a utilizar para los parámetros que no se consideran esenciales para el cálculo de los MER.

Se considera que la aplicación de CNOSSOS-EU para elaborar los MER debería ser OBLIGATORIA Y CERRADA, evitando la posibilidad de introducir variaciones no contempladas en dicha aplicación. Esta decisión daría más fuerza a este paso de establecer un método común europeo que procura la obtención de datos comparables de exposición de la población al ruido, dotando de unos criterios de aplicación del método iguales para todos los Estados Miembros.

La aplicación real del método se efectúa por medio de la utilización de un programa informático. Es necesario definir tanto aquellos elementos que el usuario final no puede modificar, como los datos que debe introducir al programa, y establecer protocolos de uso acordes con ello. Por ejemplo, si para la elaboración de los MER se fijara en la Guía de Buen Uso la adopción de un máximo de 1 reflexión, el programa informático debería bloquear el dato de entrada "número de reflexiones" para que no pueda ser modificado por el usuario final si éste ha seleccionado el modo de la aplicación para el cálculo de los MER. Si para la elaboración de los MER la Guía de Buen Uso exige introducir datos de tráfico para 4 categorías de vehículos por ser parámetros esenciales, el programa informático deberá pedir al usuario la introducción de estos datos, y no proponer ningún valor por defecto.

Por otro lado, el usuario final del programa informático, además de recopilar los datos necesarios para caracterizar la emisión sonora, debe introducir el modelo digital del terreno, incluyendo las infraestructuras de transporte (ejes viarios, ferroviarios, aeropuertos), los edificios y los obstáculos. Las características de este modelo digital del terreno y su precisión condicionan totalmente los resultados obtenidos, por lo que es necesario establecer también criterios comunes de definición geométrica de las áreas analizadas.

Por todo ello, resulta esencial el disponer de una Guía de Buen Uso del CNOSSOS-EU que, más allá de la concepción y formulación matemática del método, establezca el marco de su aplicación, en especial de la aplicación para la elaboración de los MER, y defina la precisión de los datos de entrada.

La Guía de Buen Uso del CNOSSOS-EU debería también introducir recomendaciones sobre la precisión de los datos que configuran el modelo digital del terreno, considerando que éste incluye los edificios y los obstáculos. Las simplificaciones geométricas que se introduzcan en este modelo condicionan los resultados de las fórmulas propuestas por CNOSSOS-EU para la propagación del sonido.

Si bien es difícil proponer parámetros fijos, se deberían introducir criterios de mínimos, entre los que destacan los siguientes:

- **Terreno:** El modelo del terreno debe incluir ALTIMETRÍA. Se propone que como mínimo se introduzcan curvas de nivel cada 5 metros o puntos acotados en una malla equivalente, con mayor definición en las zonas de desmonte y terraplén de las infraestructuras (recomendable curvas de nivel cada metro). La Guía de Buen Uso podría establecer un marco general de precisión (por ejemplo, precisión vertical $1\text{ m} < PV < 2.5\text{ m}$ y precisión horizontal $1.5\text{ m} < PH < 4\text{ m}$, u otros valores que se consideren oportunos). En el caso de aglomeraciones se debería exigir mayor precisión. En el caso de ruido de un aeropuerto, la importancia del modelo digital del terreno es menor.
- **Edificaciones:** Se debe exigir que los edificios estén correctamente representados para realizar los cálculos para la elaboración de los MER, definiendo una cota de la base del edificio y una altura o cota del alero. Se pueden admitir simplificaciones en cuanto a la agrupación de edificios, especialmente en tejido urbano denso, pero el usuario final es responsable de ubicar correctamente los edificios y dotarlos de altura.
- **Obstáculos:** Los obstáculos con repercusión importante en la propagación del sonido como son las barreras acústicas, deben ser considerados en la elaboración de los MER, incluyendo su ubicación y altura.

5. CONCLUSIONES SOBRE LA ADOPCIÓN DEL MÉTODO COMÚN CNOSSOS-EU

La aplicación futura del método común CNOSSOS-EU para la elaboración de los Mapas Estratégicos de Ruido supone sin ninguna duda un punto de inflexión en la implementación de la Directiva 2002/49/CE y en la evaluación del ruido ambiental en los países de la Unión Europea. De cara a la tercera fase de elaboración de los mapas estratégicos de ruido es necesario contar no solamente con un método común, sino también con criterios similares en todos los Estados Miembros. Los trabajos llevados a cabo hasta la fecha deben necesariamente desembocar en la aceptación del método común por todos los países de la UE, lo que en estos momentos no es una tarea fácil, debido principalmente a los problemas de adaptación de los métodos nacionales de evaluación. España, al no

tener un método nacional propio, se encuentra en un punto de partida inmejorable para adoptar una metodología armonizada que, sin embargo, deberá resolver aún las siguientes cuestiones:

- Se considera que la adopción de un método común es necesaria para cumplir con los objetivos de la Directiva END.
- El método seleccionado debería contar con un consenso de los Estados Miembros y ser utilizado a la larga como método preferente para todos los cálculos de niveles de ruido ambiental.
- El método tiene que posibilitar que, además, de la aplicación simplificada y con un protocolo claramente definido para su utilización para la elaboración de los Mapas Estratégicos de Ruido, pueda ser aplicado de forma más detallada que explote la totalidad de las capacidades del método para evaluar todas las situaciones acústicas.
- Los programas informáticos ("software") deben incorporar, además del método completo, una aplicación específica del método para la elaboración de los MER en la que el usuario no pueda modificar los parámetros fijos de condiciones de cálculo, necesite aportar datos para los datos de entrada esenciales, y no pueda modificar unos datos de entrada fijados por defecto en los no esenciales.
- Se considera absolutamente necesaria una Guía de Buen Uso del CNOSSOS-EU, sobre todo en la definición de la aplicación simplificada del método.
- Teniendo en cuenta el estado de definición del método y de la Guía de Buen Uso, y que los trabajos de elaboración de los Mapas Estratégicos de Ruido de la 2ª fase ya se han iniciado, no se prevé tener CNOSSOS-EU en pleno funcionamiento en los Estados Miembros de la UE a corto plazo, fijándose el objetivo de que se utilice en la 3ª ronda de Mapas Estratégicos de Ruido (2017).
- Dado que en España, en general, no ha existido una tradición suficientemente extensa con el uso de otros métodos de cálculo, entendemos que CNOSSOS-EU puede convertirse en el método a utilizar en España para realizar todos los cálculos de niveles de ruido y de evaluación de la exposición de la población al ruido ambiental. Esto permitiría utilizar un método de cálculo con la calidad que permite el estado del arte y la experiencia en Europa, olvidándonos de algunas limitaciones que tenían otros métodos de cálculo. También contribuiría a mantener la coherencia entre los elementos del proceso de gestión: mapas de diagnóstico y planes de acción.
- En cuanto a la calidad requerida a los datos de entrada esenciales, existe en España una importante experiencia acumulada, reflejada en las instrucciones técnicas para la elaboración de los MER, y con la que convendría mantener la coherencia en las siguientes fases.
- Se podrán aprovechar las potencialidades que ofrece CNOSSOS-EU para distinguir la contribución de los diferentes elementos (infraestructura y vehículos) que participan en la generación de ruido, especialmente en el caso de ruido de tráfico viario y ferroviario, para definir con más precisión las líneas de actuación necesarias para procurar la reducción de las emisiones, definir las responsabilidades en su adopción y optimizar la eficacia a alcanzar por los Planes de Acción a implantar. En este sentido, es necesario transmitir estas posibilidades técnicas a las autoridades competentes para que se puedan reflejar convenientemente en las estrategias de gestión de ruido ambiental.
- Por lo que se refiere a la caracterización de los focos emisores, se deberá establecer un criterio general para toda España para responder a la diferenciación de los tipos de vehículos requeridos por el método asociado al cálculo de la emisión del tráfico viario: en su caso dos categorías de vehículos pesados y la inclusión de las motocicletas. Respecto al tráfico ferroviario, dado que el planteamiento del método supone un cambio cualitativo respecto a la aplicación actual al utilizar datos de rugosidad para calcular la excitación creada por la rodadura y funciones de transferencia para calcular la emisión acústica ocasionada por el efecto de la rugosidad, es necesario analizar la validez en las infraestructuras y trenes españoles de las nuevas bases de datos que se creen para la aplicación de CNOSSOS-EU.
- Tal y como se ha expuesto en el artículo existe una preocupación respecto a la obtención de datos de condiciones meteorológicas, la realización de estimaciones o suposiciones y las consecuencias de estos datos en los resultados finales de los MER. Se considera necesario realizar una reflexión acerca de este aspecto en España.
- En el caso de que la Guía de Buen Uso dejara margen de interpretación a la posibilidad de que, cuando se considere apropiado y justificado, se utilice toda la gama de posibilidades del marco metodológico CNOSSOS-EU, se considera necesario realizar una reflexión en España para procurar resolver y armonizar la forma de aplicar esta flexibilidad, especialmente en los MER.
- En general, se debe realizar un esfuerzo para ir construyendo las bases de datos sobre caracterización acústica de las fuentes que representen de forma suficientemente fiable, para el objeto de los MER, los escenarios existentes en España (tipos de pavimento de carreteras, tipos de trenes, tipos de vías, base de datos industrial, etc.).

6. REFERENCIAS

- JRC (2010). Draft Joint Research Centre Reference Report on Common Noise Assessment Methods in EU (CNOSSOS-EU) Version 2d, 28 May 2010.
- Chiari, C., Iacoponi, A. and Van Maercke, D. (2007). IMA-GINE – WP1 Final Report Guidelines and good practice on strategic noise mapping. IMA01-TR22112006-ARPAT12.doc Date: 2007-02-19. ARPAT-CSTB.
- Jorgen, K. and Birger, P. (2000). Nord 2000. Comprehensive outdoor sound propagation model. Delta Report.
- Kaliski K. y Duncan E. (2010). Calculating annualized sound levels for a wind farm. 159th Meeting of Acoustical Society of America. NOISE-CON 2010.
- de Vos, P., Beuving, M. and Verheijen, E. (2005). HARMONOISE HAR7TR-041213-AEAT10 Final Technical report.
- SETRA (2009). Prévision du bruit routier – Partie 2: Méthode de calcul de propagation du bruit incluant les effets météorologiques (NMPB 2008).
- ISO 9613-1:1993 Part 1 Acoustics - Attenuation of sound during propagation.
- Wölfel et al. (2003). Adaptation and revision of the interim noise computation methods for the purpose of strategic noise mapping. Final Report commissioned by European Commission, DG Environment.
- ECAC (2005). ECAC/CEAC Doc 29 3rd Edition. Report on Standard Method of Computing Noise Contours around Civil Airports. European Civil Aviation Conference/ Conférence Européenne d'Aviation Civile.