

3 MEMORIA HUELLA DE RUIDO DEL AEROPUERTO DE SEVILLA

3.1 Objeto del estudio

El presente estudio tiene por objeto la elaboración del mapa estratégico de ruido del aeropuerto de Sevilla, en cumplimiento del artículo 14 de la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, y del artículo 8 del 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.

En ambos textos legales se establece la obligatoriedad de realizar mapas estratégicos de ruido de los grandes aeropuertos, entendiendo por tales aquellos aeropuertos civiles que exceden los 50.000 movimientos anuales (contabilizando tanto los despegues como los aterrizajes), con exclusión de los que se efectúen únicamente a efectos de formación en aeronaves ligeras.

La definición de «mapa estratégico de ruido» responde a una representación diseñada para poder evaluar globalmente la exposición al ruido en una zona determinada o para realizar en ella predicciones globales.

Su origen radica en la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental (DOCE Núm. L189, de 18 de julio de 2002), cuyas previsiones básicas han sido incorporadas a la Ley 37/2003. En ella se trata de proporcionar una base para desarrollar y completar el conjunto de medidas comunitarias existente sobre el ruido emitido por las principales fuentes, en particular ruido industrial, aglomeraciones urbanas e infraestructuras de transporte, mediante la necesidad de realizar un diagnóstico de la situación acústica global en el ámbito de la Unión Europea.

Los objetivos que se persiguen en esta tarea son:

- Determinar la exposición al ruido ambiental según métodos de evaluación comunes a los Estados miembros.
- Poner a disposición de la población la información sobre el ruido ambiental y sus efectos.
- Posibilitar la adopción fundada de planes de acción en materia de contaminación acústica y, en general, de las medidas correctoras que sean adecuadas.

De acuerdo con la Directiva 2002/49/CE y el Real Decreto 1513/2005, para lograr estos objetivos el contenido de los mapas estratégicos debe reflejar los datos relativos a los aspectos siguientes:

- Situación acústica existente, anterior o prevista expresada en función de un indicador de ruido.
- Superación de valores límite.
- Número estimado de viviendas, colegios y hospitales en una zona dada que están expuestos a valores específicos de un indicador de ruido.
- Número estimado de personas situadas en una zona expuesta al ruido.

Para poder cumplir con estas exigencias, el estudio se ha estructurado en cuatro fases diferenciadas:

1. Descripción general de la zona de estudio en la que se analizan las características principales de la infraestructura a analizar y el entorno territorial en el que se enclava desde el punto de vista demográfico y de usos del suelo. También se recoge en esta fase la información disponible relativa a ruido ambiental y normativa vigente en el área de estudio.
2. A continuación se desarrollará la metodología seguida para la evaluación de niveles sonoros mediante una descripción del modelo empleado y los escenarios de simulación representados.
3. Tras éstas, se abordará la descripción del proceso de obtención de los mapas estratégicos de ruido mediante la descripción de los parámetros de entrada, la metodología seguida para obtener las representaciones requeridas, los valores de exposición objetivo y, por último, la interpretación de los resultados alcanzados.
4. Para finalizar, se sintetizarán las conclusiones y la delimitación de las “zonas de conflicto” en las que se superan los objetivos de calidad acústica propuestos en el presente documento.

Este desarrollo se ve complementado con una serie de imágenes a escala 1:50.000 que permitirán identificar las zonas afectadas.

Dado su carácter académico, el presente estudio se centrará únicamente en la identificación de las zonas afectadas dejando para un posible análisis posterior el análisis de población afectada.

El estudio se realiza para el escenario 2008 debido a la necesidad de disponer de datos completos anuales para efectuar el análisis de las variables descritas.

Las fuentes consideradas de cara a la modelización informática, corresponden únicamente a las operaciones de aterrizaje y despegue de aeronaves con origen/destino en el aeropuerto bajo estudio, de acuerdo con el Documento Nº29 de la ECAC.CEAC, versión 1997, procedimiento recomendado para la evaluación del ruido aeroportuario según el Anexo II, punto 2 del Real Decreto 1513/2005.

El citado procedimiento no aplica al ruido generado por helicópteros, motivo por el cual no se consideran las operaciones originadas por este tipo de tráfico. Tampoco se han tenido en cuenta los movimientos desarrollados por aviones de estado y de naturaleza militar al tratarse de aeronaves que no se encuentran sometidas al procedimiento de certificación/legislación vigente en materia de ruido.

3.2 Descripción general del ámbito de estudio

3.2.1 Delimitación de la zona de estudio

El área de estudio en la elaboración de los mapas estratégicos de ruido viene delimitada por la ubicación del aeropuerto, la disposición de sus instalaciones y sus rutas de acceso aéreo y los niveles de tráfico que desarrolla.

De acuerdo con el artículo 9 del Real Decreto 1513/2005, el ámbito territorial que deberá ser analizado en detalle, alcanzará los puntos del entorno de los grandes aeropuertos en los que se alcancen los valores de inmisión de $L_{den} > 55 \text{ dB(A)}$ y $L_{noche} > 50 \text{ dB(A)}$.

En este estudio, además de estos indicadores principales, se ha analizado la repercusión acústica de $L_{día}$, cuyo nivel sonoro mínimo representado coincide con el de L_{den} , es decir 55 dB(A) .

Así, será la envolvente de todos los indicadores analizados lo que se considerará como ámbito de estudio.

De acuerdo a la delimitación realizada, la zona de estudio se extiende parcialmente sobre los siguientes términos municipales: Sevilla y La Rinconada

En el plano 1.0. *Localización*, se muestra la delimitación del ámbito de estudio.

3.2.2 Descripción del ámbito de estudio

3.2.2.1 Descripción del aeropuerto

El aeropuerto de Sevilla se encuentra localizado a unos 10 Km NE de la ciudad de Sevilla, en el Km 533 de la carretera N-IV Madrid –Cádiz. El aeropuerto pertenece a los términos municipales de Sevilla y La Rinconada y ocupa una superficie aproximada de 893 Ha.

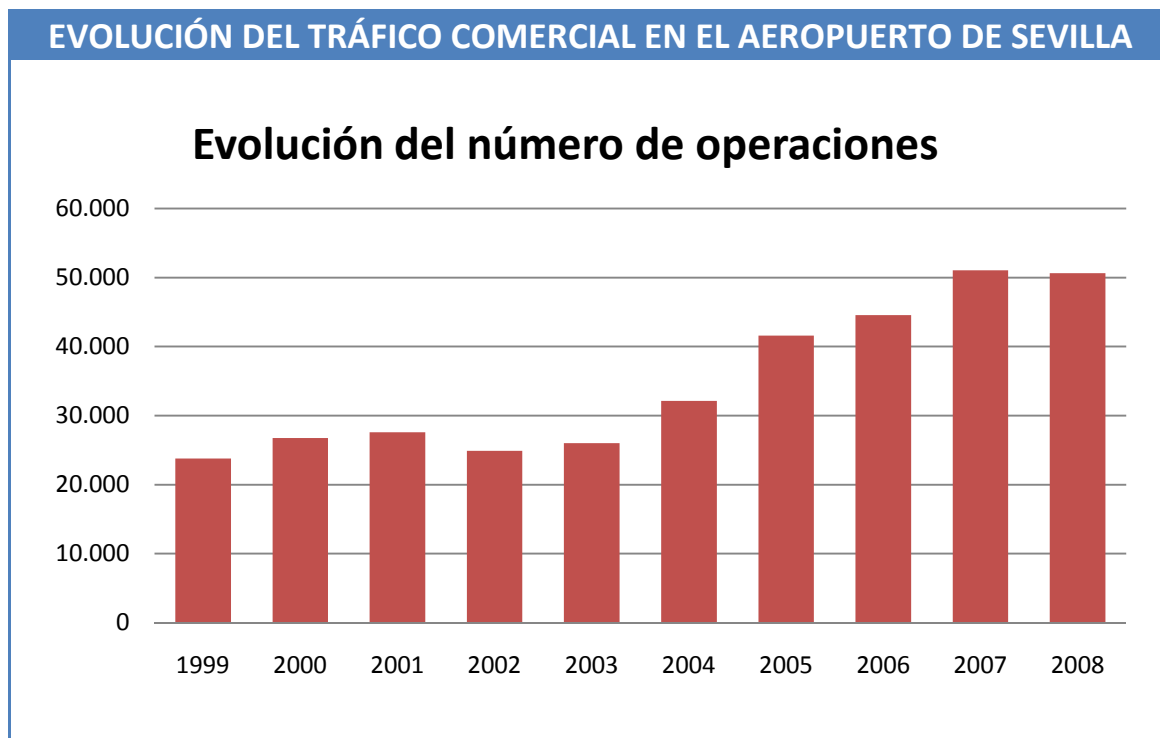
Individualmente el aeropuerto de Sevilla se designa a nivel nacional e internacional a partir de los códigos OACI e IATA, que identifican unívocamente la totalidad de los aeropuertos existentes.

Organización	Descripción	Código Sevilla
IATA	Código de tres caracteres fijado por la Organización Internacional para el Transporte Aéreo (International Air Transport Association, IATA).	SVQ
OACI	Código de cuatro caracteres fijado por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI o ICAO, correspondiente a las siglas en inglés).	LEZL

Tabla 3.1 Códigos de identificación del Aeropuerto de Sevilla
Autor: Elaboración propia

En el año 2008, el tráfico de pasajeros totales fue de 4.391.794 personas, un descenso del 2% respecto al año anterior, y se registraron 65.063 operaciones totales de las cuales 50.628 son de carácter comercial.

En los siguientes gráficos se señala la evolución del número de operaciones comerciales y pasajeros en los últimos años, donde se aprecia como parece que el aeropuerto ha alcanzado su techo de operaciones en estos últimos años.



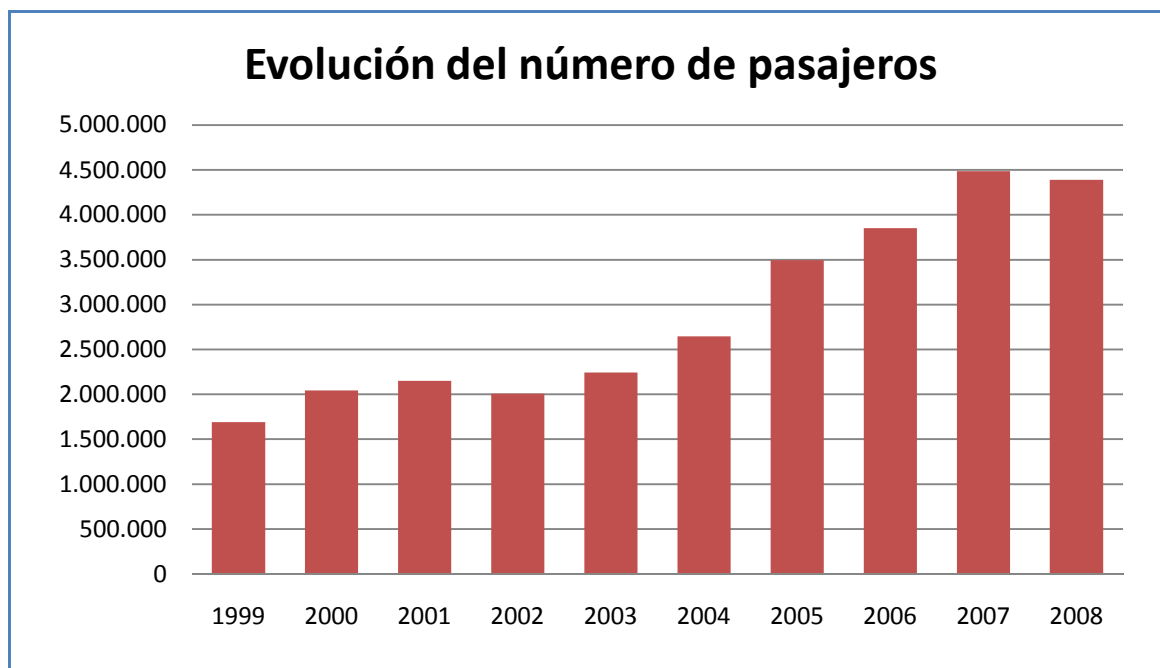


Tabla 3.2 Evolución del tráfico comercial en el Aeropuerto de Sevilla
Autor: Elaboración propia

El tráfico comercial es mayoritariamente nacional (73.5% en el año 2008), representando el tráfico con la UE la práctica totalidad del mismo. A su vez, el tráfico regular representó el 89,2% del total del tráfico comercial de pasajeros.

Los principales destinos del tránsito regular son Barcelona, Madrid y Palma de Mallorca, y en el ámbito internacional Londres y París.

3.2.2.2 Descripción territorial

La provincia de Sevilla está situada en el SO de España y ubicada en la parte central de Andalucía Occidental. Su superficie representa el 16,30% de la superficie de Andalucía.

Sevilla está ubicada en la España meridional, entre los 38° 58' 12" y los 36° 51' 32" de latitud norte y entre los 2° 58' 12" y los 2° 53' 03" de longitud Oeste, respecto al meridiano de Madrid.

Limita al Norte con Badajoz y Córdoba; al Este con Córdoba y Málaga; al Sur con Cádiz y al Oeste con Huelva. Tiene una extensión de 14.036 Kilómetros cuadrados y un perímetro de 767 Kilómetros.

HIDROGRAFÍA

La provincia de Sevilla es atravesada por el río Guadalquivir que penetra en ella, procedente de Córdoba, por el término de Peñaflor, discurriendo por las tierras de Lora del Río, Alcolea de Río, Villanueva y Cantillana, cambiando a continuación su curso hacia el sur para después de pasar por Alcalá de Río y la Algaba, llegar a Sevilla desde donde su cauce es navegable.

En el entorno del Aeropuerto hay que señalar que a unos 2 Km al norte del mismo se desarrolla el valle aluvial del arroyo de Miraflores, de dirección aproximada E-O, que se bifurca en los arroyos de “Los Espartales” y del “Ciervo”. El material de este aluvial está formado por limos arenas y arcillas.

Por el este, la zona del aeropuerto está limitada por el Canal del Bajo Guadalquivir, que transcurre a una distancia aproximada de 200 metros de la cabecera 27 de la pista de vuelo, mientras que por el sur discurre el encauzado arroyo de la Ranilla.

El abastecimiento de agua lo realiza la empresa E.M.A.S.E.S.A (Empresa municipal de aguas de Sevilla). Asimismo dentro del recinto aeroportuario existen varios pozos de agua no potable cuyo uso se destina al riego de zonas ajardinadas y de la superficie agrícola que tiene el aeropuerto en régimen de concesión para plantaciones de algodón, girasol y cereales.

CLIMA

Por la posición respecto a los grandes conjuntos climáticos, el clima andaluz está dentro de los mediterráneos, con una variante de matiz atlántico que debe sus características al flujo del Oeste, a las aguas frescas de este sector del Océano y al influjo directo del anticiclón de las Azores, mientras que en la mitad Oriental que mira al Mediterráneo estos mismos factores se matizan y complementan con los mecanismos atmosféricos ligados a sus aguas cálidas, los flujos del Este e incluso los del Sur, de procedencia sahariana.

GEOLOGÍA Y GEOTECNIA EN EL ENTORNO AEROPORTUARIO

El Aeropuerto de Sevilla se encuentra situado unos 10 Km al NE de la Capital, sobre la extensa llanura que constituye la Depresión del Guadalquivir.

Geológicamente, ocupa parte de las terrazas intermedias del Guadalquivir, zona morfológicamente llana, con una cota aproximada de 25-30 metros, que alcanza límites mayores (10-37 m) fuera de la zona del Aeropuerto. La pendiente topográfica no supera el 5%, con suave pendiente hacia el oeste.

Litológicamente, las terrazas están constituidas por gravas redondeadas de cuarcita, arenas y arcillas con un espesor total que no sobrepasa los 15m. Por debajo de las terrazas aparece un sustrato de Mioceno constituido por las denominadas margas azules del Guadalquivir, que no llegan a aflorar en el entorno del Aeropuerto.

Desde el punto de vista geotécnico, pueden diferenciarse, en las terrazas, dos tipos de materiales:

- Uno predominantemente arcilloso, con bastante arena (20-35%) e indicios de grava (0-10%), de color marrón oscuro.
- Otro arenoso, con bastante arcilla y gravas (20-35%) de color gris.

Las condiciones hidrológicas de la zona juegan un papel importante.

El nivel freático se ha medido a poca profundidad (1,5 m) en las zonas topográficas más bajas.

Los materiales son poco permeables, con drenaje deficiente por infiltración y mala escorrentía superficial debido a la falta de relieve.

ESPACIOS NATURALES EXISTENTES

En las proximidades del Aeropuerto de Sevilla no existe ningún Área Natural de Especial Interés. Dicha inexistencia, se ha confirmado analizando la Ley 2/89 por la que se aprueba el Inventario de Espacios Naturales protegidos de Andalucía.

Asimismo de la consulta del “Atlas de espacios naturales y recursos culturales” y de la publicación “Áreas de Importancia para las aves” se deduce que no existe ningún enclave significativo desde el punto de vista medioambiental en las proximidades del Aeropuerto de Sevilla.

3.2.3 Municipios en ámbito de estudio

3.2.4 Datos cartográficos

La cartografía de referencia empleada para la elaboración del Mapa Estratégico de Ruido ha sido la correspondiente a los pliegos N37W005, N37W006 y N37W007 del conjunto de pliegos dem_spain disponible en la página web siguiente:

<ftp://e0srp01u.ecs.nasa.gov/srtm/version2/SRTM3/Eurasia/>.

Dichos ficheros se encuentran en formato “.hgt” y han sido generados por la misión SRTM, abarcando recuadros de 1°x1° con un paso de 3arco-segundos en ambas direcciones y tomando como referencia la posición de la esquina inferior izquierda.

Dado que el programa utilizado para el estudio se alimenta de ficheros del tipo “.3tx” para incluir los datos de terreno, ha sido necesaria una conversión a dicho formato de los archivos originales en formato “.hgt”. Además, al no haberse encontrado ningún programa que convierta de forma directa de formato “.hgt” a “.3tx”, de ha introducido un formato transitorio entre ambos, el formato “.dem”.

Para pasar de formato “.hgt” a formato “.dem” para su posterior tratamiento se ha empleado el programa “3dem”, disponible en la dirección web:

<http://www.visualizationsoftware.com/3dem.html>

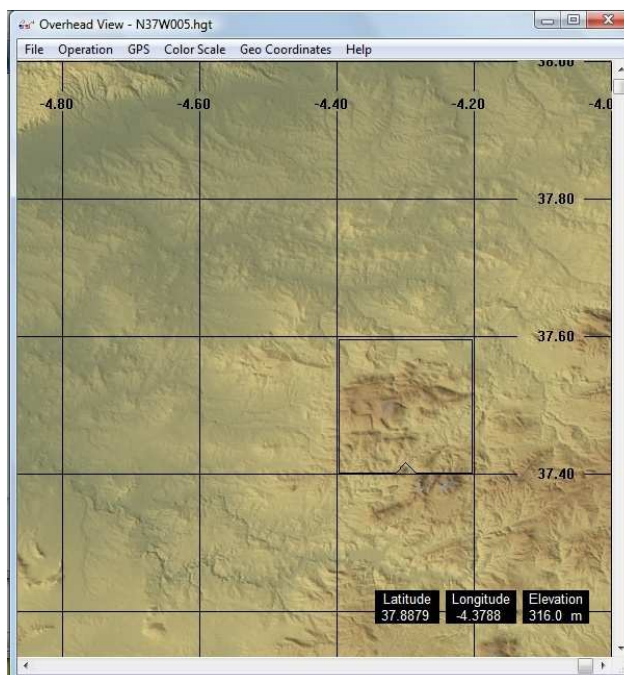


Ilustración 3.1 Extracto de terreno en formato .hgt del programa 3DEM
Autor: Elaboración propia

Tras obtener los archivos en formato “.dem” se ha usado el programa “VTbuilder”, que permite importar datos de terreno en dicho formato para después exportarlos en formato “.3tx”. Para esta tarea se ha utilizado la herramienta del programa “Fill in unknown areas” aplicada sobre el archivo ya en formato .3tx”, de manera que este quede totalmente listo para ser utilizado por el INM.

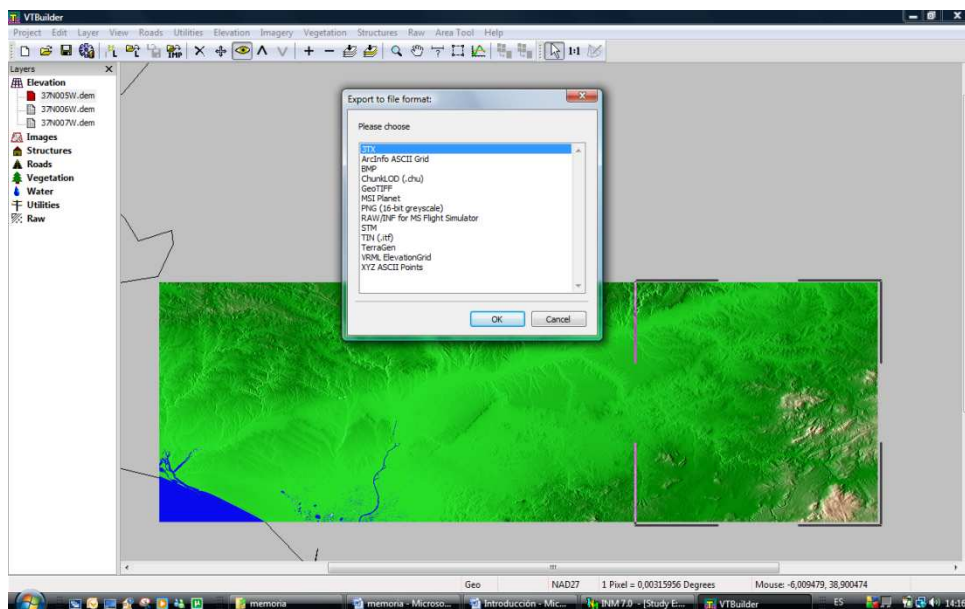


Ilustración 3.2 Extracto de terreno en formato .dem y ventana de exportación de datos del programa VTbuilder
Autor: Elaboración propia

Finalmente, como complemento a esta cartografía base se ha utilizado la herramienta Google Earth, con objeto de contrastar y actualizar la cartografía y para obtener imágenes actualizadas de todo el entorno del área del estudio.

3.2.5 Datos climatológicos

Las principales variables meteorológicas que resultan relevantes para este estudio, en referencia a la propagación del sonido, son la temperatura y el viento.

Si bien la variación en los niveles de ruido producida por el viento es un fenómeno muy complejo de analizar, en general, las ondas sonoras se propagan mejor en el sentido en que se mueve el aire.

Con presencia de viento, el sonido se propaga formando líneas curvas hacia arriba, provocando, a una cierta distancia de la fuente sonora, zonas de sombra acústica así como otras zonas de reforzamiento.

Asimismo, también se producen modificaciones en la trayectoria del sonido al producirse gradientes positivos del viento, es decir, al incrementarse la velocidad del viento con el aumento de la altura sobre el suelo.

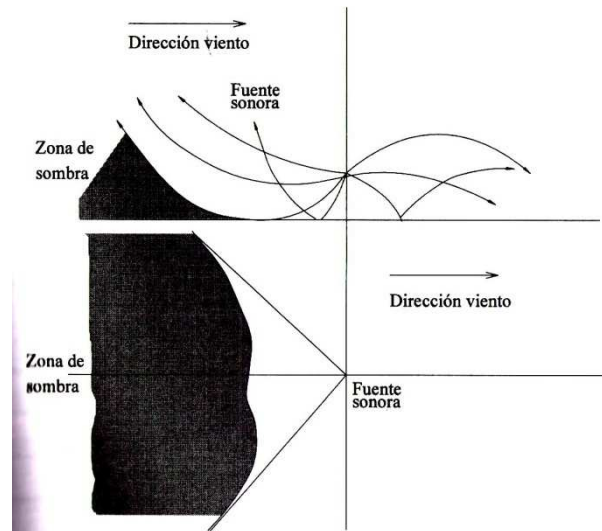


Ilustración 3.3 Efecto del viento en la propagación del sonido
Fuente: Ing. Aeroportuaria: García Cruzado, Marcos

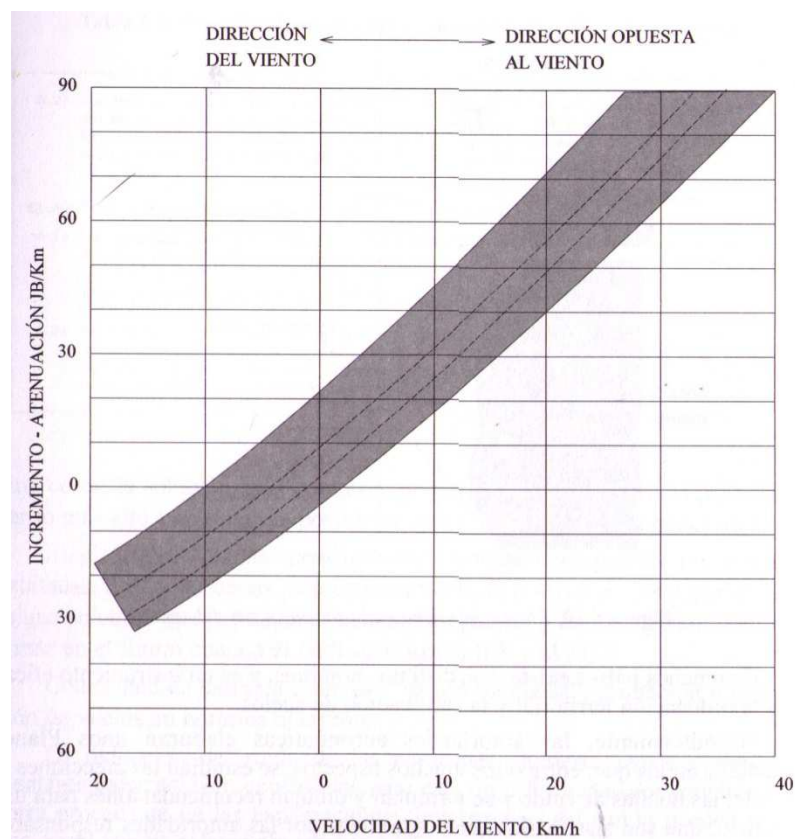


Ilustración 3.4 Atenuación del sonido por el viento
Fuente: Ing. Aeroportuaria: García Cruzado, Marcos

Por otro lado, la velocidad del sonido depende de la temperatura, y consecuentemente cualquier variación de ésta con la altura afectará a la propagación del sonido al generar fenómenos de difracción de las ondas sonoras.

La temperatura del aire puede decrecer con la altitud (caso más usual), o bien, crecer con ella (inversión térmica).

Si la temperatura decrece con la altura y, en consecuencia, la velocidad del sonido también decrece, las ondas sonoras se curvan con pendiente creciente, provocando una zona de sombra sonora alrededor de la fuente.

Sin embargo, en situación de inversión de temperatura, las ondas sonoras se curvan hacia el suelo, eliminando la zona de sombra. Esta situación de inversión térmica puede provocar un aumento de 5 a 6 dB(A) con relación a la situación normal.

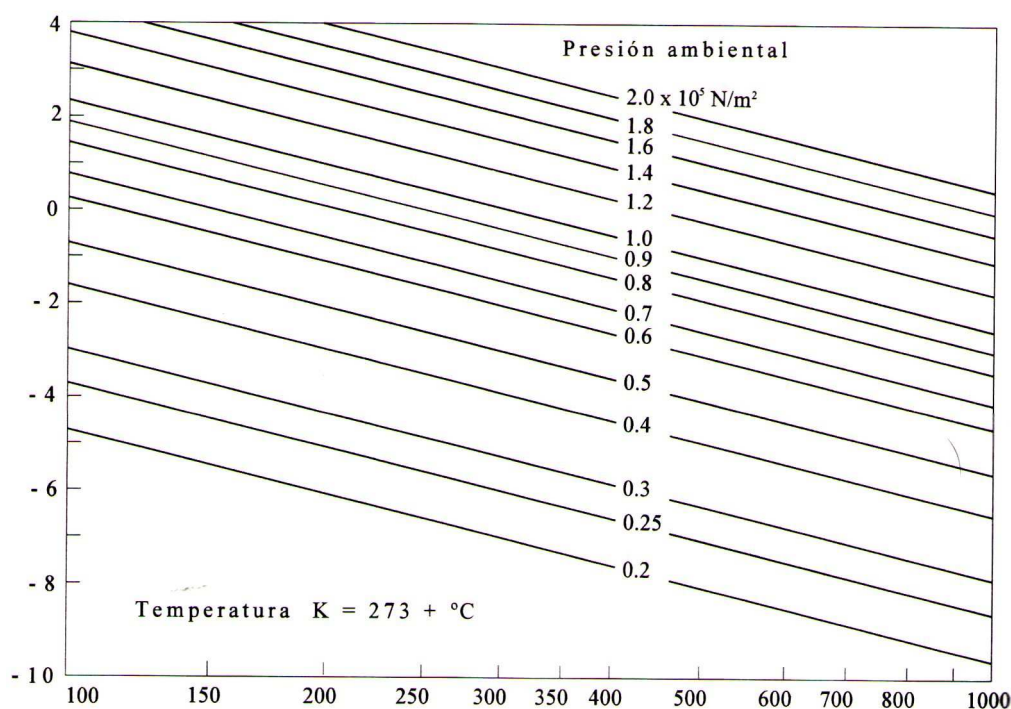


Ilustración 3.5 Correcciones de la presión sonora por P y T
Fuente: Ing. Aeroportuaria: García Cruzado, Marcos

Se ha realizado un análisis de los datos recogidos por la estación meteorológica del aeropuerto para un periodo de 11 años (1998-2008). De este análisis se deduce que la temperatura media anual en el aeropuerto de Sevilla se sitúa en torno a los 20° C y una temperatura media mensual que en ningún caso baja de los 9° C.

Los meses más calurosos son agosto y julio, con temperaturas del orden de los 36° C y el mes más frío enero, donde el termómetro desciende hasta los 11° C de temperatura media.

A continuación, se adjunta una tabla con el resumen de los datos recogidos por la estación meteorológica del aeropuerto de Sevilla, en el periodo comprendido entre 1998-2008, en la que quedan de manifiesto las características climáticas de este entorno.

3.3 Información de Ruido Ambiental

3.3.1 Normativa

3.3.1.1 Normativa Comunitaria

La pertenencia de España a la Unión Europea conlleva el obligado cumplimiento del ordenamiento jurídico correspondiente al Derecho Comunitario. La Unión Europea ha abordado la lucha contra el ruido en el marco de su política medioambiental a través de directivas comunitarias cuya finalidad es reducir la contaminación acústica producida por distintos tipos de emisores.

Con la entrada en vigor de la Directiva 2002/49/CE de 25 de junio, sobre la evaluación y gestión del ruido ambiental, se establecen una serie de objetivos entre los que destaca la creación de un marco común para la evaluación y gestión de la exposición al ruido ambiental, mediante las acciones siguientes:

- Armonización de los índices de ruido y métodos de evaluación.
- Agrupación de datos armonizados en mapas estratégicos de ruido.
- Elaboración de planes de acción.
- Publicación de toda la información sobre ruido ambiental disponible.

Para lograr este objetivo, dicha Directiva estableció la necesidad de realizar un cartografiado estratégico de ruido de acuerdo a un contenido y estructura fijado.

Con el objetivo de complementar el anexo II de la Directiva 2002/49/CE, la Comisión emitió la “Recomendación de 6 de agosto de 2003 relativa a las Orientaciones sobre los métodos de cálculo provisionales revisados para el ruido industrial, procedente de aeronaves, del tráfico rodado y ferroviario y los datos de emisiones correspondientes”.

En ella se analiza, por modo de transporte, la aplicabilidad y descripción de los modelos recomendados así como de las adaptaciones necesarias de los mismos para verificar el cumplimiento de la Directiva 2002/49/CE.

3.3.1.2 Normativa Estatal

Esta Directiva fue traspuesta al ordenamiento estatal mediante la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido que regula la realización de los mapas de ruido (concretamente los mapas estratégicos) y la forma y competencias para la gestión del ruido ambiental.

Sin embargo, la Ley 37/2003 no se limita únicamente al contenido de la Directiva que traspone, sino que desarrolla con mayor profundidad la regulación de la materia que hasta ese momento, se encontraba dispersa en diferentes textos legales y reglamentarios, tanto estatales como autonómicos, así como en ordenanzas municipales ambientales y sanitarias de algunos ayuntamientos.

El objeto de la Ley del Ruido es prever, vigilar y reducir la contaminación acústica, para evitar riesgos y reducir los daños que de ésta pueden derivarse para la salud humana, los bienes o el medio ambiente, así como, proteger el derecho a la intimidad de las personas y el disfrute de un entorno adecuado para su desarrollo y el de sus actividades, con el fin de garantizar el bienestar y la calidad de vida de los ciudadanos.

El ámbito de aplicación se delimita por referencia a todos los emisores acústicos de cualquier índole excluyéndose, no obstante, la contaminación generada por alguno de ellos.

Ha de tenerse en cuenta que, a los efectos de la Ley, el concepto de “emisor acústico” se refiere a cualquier actividad, infraestructura, equipo, maquinaria o comportamiento que genere contaminación acústica.

Un aspecto relevante de la citada Ley es el de “calidad acústica”, definida como el grado de adecuación de las características acústicas de un espacio a las actividades que se realizan en su ámbito, evaluado, entre otros factores, de acuerdo a los niveles de inmisión y emisión.

De acuerdo a la citada Ley, corresponde al Gobierno fijar, a través del correspondiente reglamento, los objetivos de calidad acústica aplicables a los distintos tipos de área acústica en que se zonifica el territorio, atendiendo a los distintos usos del suelo, de manera que se garantice, en todo el territorio, un nivel mínimo de protección frente a la contaminación acústica.

La Ley del Ruido ha sido parcialmente desarrollada por el Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental. En él se define un marco básico destinado a evitar, prevenir o reducir con carácter prioritario los efectos nocivos, incluyendo las molestias, de la exposición al ruido ambiental y completar la

incorporación a nuestro ordenamiento jurídico de la Directiva 2002/49/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental.

Para el cumplimiento de su objeto se regulan determinadas actuaciones como son:

- Elaboración de mapas estratégicos de ruido ambiental.
- Adopción de planes de acción para prevenir y reducir el ruido ambiental, en particular, cuando los niveles de exposición puedan tener efectos nocivos en la salud humana.
- Poner a disposición de la población la información sobre ruido ambiental y sus efectos y aquélla de que dispongan las autoridades competentes en relación con el cartografiado acústico y planes de acción derivados.

El Real Decreto 1513/2005 hace una mención especial sobre la descripción de los requisitos y metodología de cálculo que deberán cumplir los mapas estratégicos de ruido que es necesario presentar en el año 2007, de acuerdo a la Directiva 2002/49/CE.

Por otro lado, el posterior Real Decreto 1367/2007 tiene como principal finalidad completar el desarrollo de la Ley 37/2003. Así, se definen índices de ruido y de vibraciones, sus aplicaciones, efectos y molestias sobre la población y su repercusión en el medio ambiente; se delimitan los distintos tipos de áreas y servidumbres acústicas definidas en el artículo 10 de la citada Ley; se establecen los objetivos de calidad acústica para cada área, incluyéndose el espacio interior de determinadas edificaciones; se regulan los emisores acústicos fijándose valores límite de emisión o de inmisión así como los procedimientos y los métodos de evaluación de ruidos y vibraciones.

3.3.1.3 Normativas de ámbito autonómico y local Estatal

Como consecuencia del carácter de Infraestructuras de Interés General del Estado que poseen los aeropuertos, no es aplicable la normativa autonómica ni local. Sin embargo, a título informativo, el marco normativo autonómico está definido por el Decreto 326/2003 de 25 de noviembre por el que se aprueba el Reglamento de Protección contra la Contaminación Acústica en Andalucía (BOJA Nº. 243, de 18 de diciembre de 2003).

Con el propósito de alcanzar unos objetivos de calidad acústica, el Decreto define las llamadas “áreas acústicas” como aquellas superficies o ámbito territorial donde se pretenda que exista una calidad homogénea. Dichas áreas serán determinadas por el Ayuntamiento competente, en atención al uso predominante del suelo.

ÁREA ACÚSTICA	USOS
Tipo I: Área de silencio. Comprende los sectores del territorio que requieren una especial protección contra el ruido. En ellas se incluyen las zonas con predominio de los siguientes usos del suelo:	- Uso sanitario - Uso docente - Uso cultural - Espacios naturales protegidos, salvo las zonas urbanas
Tipo II: Área levemente ruidosa. Comprende los sectores del territorio que requieren una protección alta contra el ruido. En ellas se incluyen las zonas con predominio de los siguientes usos del suelo:	- Uso residencial - Zona verde, excepto en casos de zonas de transición - Adecuaciones recreativas, campamentos de turismo, aulas de la naturaleza y senderos.
Tipo III: Área tolerablemente ruidosa. Comprende los sectores del territorio que requieren una protección media contra el ruido. En ellas se incluyen las zonas con predominio de los siguientes usos del suelo:	- Uso de hospedaje - Uso de oficinas y servicios - Uso comercial - Uso deportivo - Uso recreativo
Tipo IV: Área ruidosa. Comprende los sectores del territorio que requieren menor protección contra el ruido. En ellas se incluyen las zonas con predominio de los siguientes usos del suelo:	- Uso industrial - Zona portuaria - Servicios públicos, no comprendidos en los tipos anteriores
Tipo V: Área especialmente ruidosa	Comprende los sectores del territorio afectados por servidumbres sonoras a favor de infraestructuras de transporte, autovías, autopistas, rondas de circunvalación, ejes ferroviarios, aeropuertos y áreas de espectáculos al aire libre.

Tabla 3.3 Clasificación de áreas acústicas de acuerdo al Decreto 326/2003

Fuente: Decreto 326/2003 de 25 de noviembre por el que se aprueba el Reglamento de Protección contra la Contaminación Acústica en Andalucía (BOJA Nº. 243. De 18 de diciembre de 2003)

3.3.2 Zonificación acústica

La Ley 37/2003 del Ruido establece la necesidad de estructurar el territorio en “áreas acústicas” entendiéndose por tales, aquellas zonas del territorio que comparten idénticos objetivos de calidad acústica.

La representación gráfica de las áreas acústicas sobre el territorio dará lugar a la cartografía de los objetivos de calidad acústica. En la ley, los mapas resultantes de esta representación gráfica se conciben como un instrumento importante para facilitar la aplicación de los valores límite de emisión e inmisión que ha de determinar el Gobierno. En cada área acústica, deberán respetarse los valores límite que hagan posible el cumplimiento de los correspondientes objetivos de calidad acústica.

A los efectos del desarrollo del artículo 7.2 de la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, en la planificación territorial y en los instrumentos de planeamiento urbanístico, tanto a nivel general como de desarrollo, se incluirá la zonificación acústica del territorio en áreas acústicas de acuerdo con las previstas en la citada Ley.

Las áreas acústicas se clasificarán, en atención al uso predominante del suelo, en los tipos que determinen las comunidades autónomas, las cuales habrán de prever, al menos, los siguientes:

- 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 terciario distinto del contemplado en el párrafo anterior.
- 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 los reclamen.
- g. Espacios naturales que requieran una especial protección contra la contaminación acústica.

Al proceder a la zonificación acústica de un territorio, en áreas acústicas, se deberá tener en cuenta la existencia en el mismo de zonas de servidumbre acústica y de reservas de sonido de origen natural establecidas de acuerdo con las previsiones de la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, y del Real Decreto 1367/2007 .

La delimitación territorial de las áreas acústicas y su clasificación se basará en los usos actuales o previstos del suelo. Por tanto, la zonificación acústica de un término municipal únicamente afectará, excepto en lo referente a las áreas acústicas de los tipos f y g, a las áreas urbanizadas y a los nuevos desarrollos urbanísticos.

3.3.3 Medidas protectoras o correctoras de atenuación de ruidos existentes en la actualidad

3.3.3.1 Introducción del enfoque equilibrado. Medidas generales

Los efectos del ruido sobre las personas son muy complejos y, a pesar de haberse realizado numerosos estudios al respecto en sus vertientes médica, social, psicológica y económica, aún siguen estando mal definidos e incluyen muchas incertidumbres. Sin embargo, se reconoce que el hecho de someter al ser humano a unos niveles sonoros superiores a ciertos límites y de forma más o menos continua, es causa, por lo menos, de molestias y, en ocasiones, de otras alteraciones fisiológicas y psicológicas más graves. En definitiva, constituye un factor de gran presión social y por consiguiente, exige de la responsabilidad de los organismos implicados para minimizar sus posibles efectos.

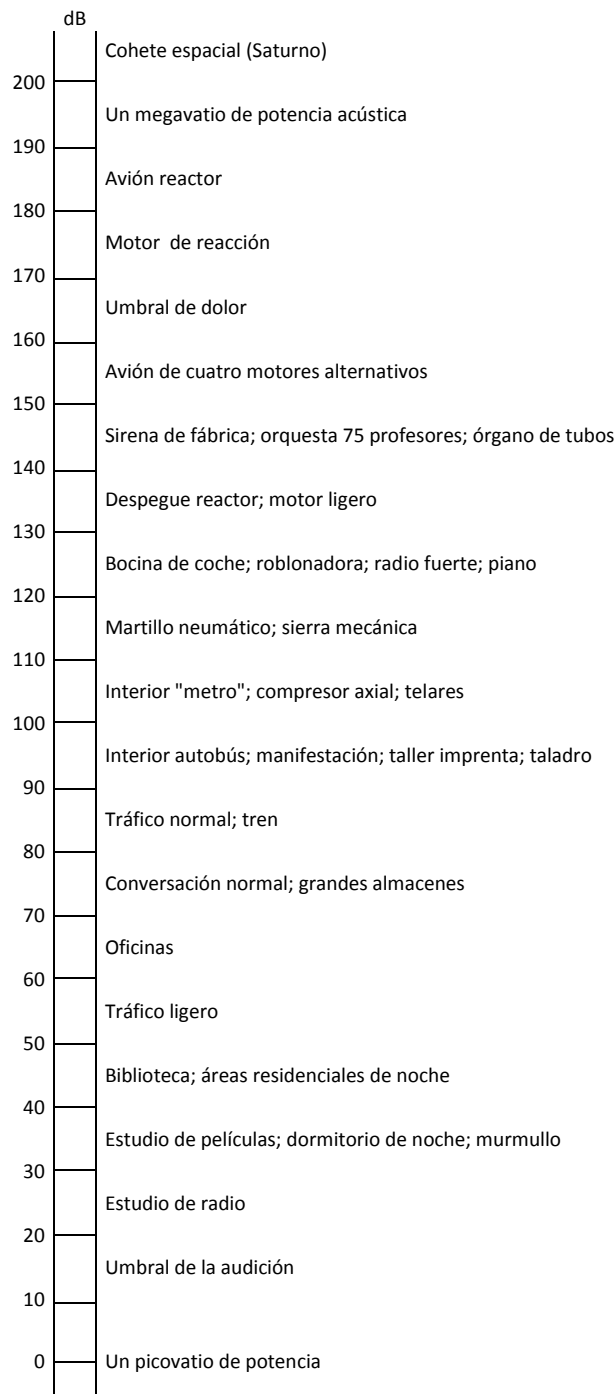


Tabla 3.4 Sensaciones acústicas
Fuente: Ing. Aeroportuaria: García Cruzado, Marcos.

Entre los compromisos internacionales alcanzados hasta la fecha destaca la Resolución adoptada en la 33ª Asamblea de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI). En ella se analizó el riesgo implícito en la falta de una política homogénea para abordar el problema del ruido en el entorno de los aeropuertos. El desarrollo de programas nacionales y regionales

descoordinados para aliviar los problemas de ruido podría desvincular la relación tan estrecha existente entre el crecimiento del mercado de la aviación civil y el desarrollo económico.

De acuerdo a sus conclusiones, se introdujo el concepto de «enfoque equilibrado» como instrumento de acción para tratar el problema del ruido en los aeropuertos. Esta herramienta consiste en identificar el problema acústico existente en un determinado aeropuerto para posteriormente describir y valorar la variedad de medidas disponibles para reducir los niveles acústicos. La valoración de las mismas se integrará en un análisis coste-beneficio de manera que se puedan evaluar las repercusiones que su implantación pueda tener sobre otros agentes implicados.

Las líneas de trabajo fijadas son fundamentalmente cuatro: reducción de los niveles de emisión en fuente, gestión y planificación idónea del territorio, establecimiento de procedimiento operativos de atenuación de ruidos y adopción de restricciones operativas.

Las autoridades estatales, junto a Aena como gestor de infraestructuras aeroportuarias, suscriben y apoyan las recomendaciones que desde los organismos internacionales se encaminan hacia paliar y reducir el ruido en el entorno de los aeropuertos.

Las medidas nacionales o internacionales que a nivel global se están llevando a cabo se describen a continuación:

- Reducción de los niveles sonoros emitidos por las aeronaves en la fuente:

Esta medida se encuentra muy vinculada a las empresas de diseño y construcción de aeronaves y de sus elementos que se han encaminado, mediante mejoras técnicas y optimización de diseños, a la reducción de los niveles sonoros ocasionados por el motor de la aeronave.

Al comparar los primeros modelos de aeronaves “turbojets” y las sucesivas generaciones de “turbofans” se observa un descenso muy significativo desde el punto de vista acústico, concretamente las aeronaves actuales son 20 dB más silenciosas que las de hace 30 años. Esto se corresponde con una reducción de las molestias por ruido en un 75%, mientras que el incremento en el tráfico aéreo se ha quintuplicado en el mismo periodo.

Las causas se deben a mejoras introducidas en la estructura del avión, diseño en los componentes del motor así como a optimizaciones de los performance.

Durante el mismo periodo también se han introducido numerosas medidas que reducen el ruido generado por las aeronaves turbohélices.

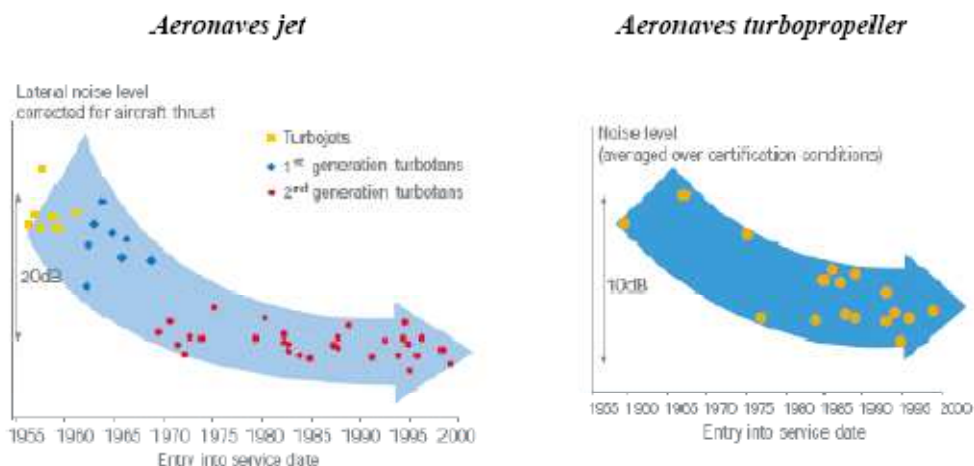


Ilustración 3.6 Tendencia histórica en la reducción de emisión acústica
Fuente: Environmental Review 2004, International Air Transport Association (IATA).

Considerando las posibilidades de crecimiento de la flota mundial, los fabricantes se han comprometido a continuar en la introducción de mejoras tecnológicas en los años venideros que permitirán una reducción progresiva en los niveles de ruido en el entorno de los aeropuertos.

No obstante, para obtener una reducción sustancial en términos de emisión acústica existen programas internacionales de investigación que tratan de abordar cada una de las fuentes de ruido aeroportuario, en particular los motores jet, fan así como el ruido estructural, que destacan como los contribuidores principales al ruido aeroportuario.

En Europa concretamente, se ha impulsado la iniciativa conocida como “Aero-Acoustics Methods for Fan Noise Prediction (FANPAC)”, primera fase de un programa de colaboración e investigación sobre ruido aeroportuario iniciado hace 10 años.

La iniciativa incluye diversas disciplinas (estructura, motor y góndolas de cobertura del motor) y todo tipo de participantes a lo largo de Europa, contando con el apoyo y colaboración de la Unión Europea. Más recientemente, se han iniciado seis programas de investigación bajo el contexto del Proyecto X-Noise, que a partir de abril de 2001, se aglutinaron bajo la plataforma tecnológica SILENCE(R) relativa a ruido motor y estructural, y AWIATOR relativa a ruido aerodinámico procedente de las alas.

A modo de síntesis, algunos estudios señalan una reducción adicional del 50% del ruido durante las operaciones de despegue y aterrizaje futuras, lo que conllevaría una disminución de 10 dB, para el año 2020.

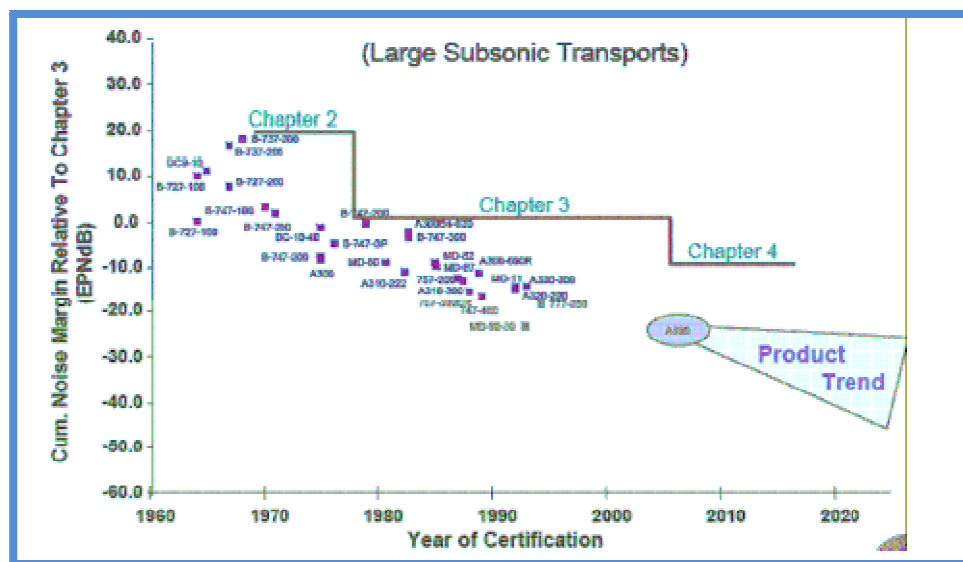


Ilustración 3.7 Tendencia en la fabricación y certificación acústica de aeronaves
Fuente: Sanjay Hingorani (P&W)

- Medidas enfocadas a la ordenación y gestión del suelo:

El objetivo de la planificación correcta del territorio radica en alejar del entorno del aeropuerto los usos más sensibles acústicamente (equipamiento de tipo sanitario o educativo) en detrimento de usos más compatibles con los niveles previsibles como el uso industrial y comercial. En definitiva, asegurar que las actividades que se desarrollan en el entorno de los aeropuertos sean compatibles con su régimen de operación.

La Asamblea de la OACI destacó la interrelación existente entre el número de personas afectadas por ruido aeroportuario con la metodología seguida en la planificación y gestión del territorio, en particular el control del desarrollo urbanístico de usos sensibles.

La Unión Europea tomó conciencia, a partir del Libro Verde de la Comisión Europea sobre Política Futura de Lucha Contra el Ruido, de la necesidad de aclarar y homogeneizar el entorno normativo del ruido. Por este motivo se redactó y adoptó la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental (Directiva sobre Ruido Ambiental).

La transposición de la Directiva 2002/49/CE al ordenamiento jurídico español, se realizó por medio de la Ley 37/2003 del Ruido (BOE núm. 276, de 18 de noviembre de 2003). En ella se introduce el concepto de “servidumbre acústica” entendiendo por tal:

“Sectores del territorio delimitados en los mapas de ruido, en los que las inmisiones podrán superar los objetivos de calidad acústica aplicables a las correspondientes áreas acústicas y donde se podrán establecer restricciones para determinados usos del suelo, actividades, instalaciones o edificaciones, con la finalidad de, al menos, cumplir los valores límites de inmisión establecidos para aquéllos”.

Mediante esta figura se podrá realizar una gestión urbanística coordinada con las previsiones y desarrollo de las infraestructuras aeroportuarias. El régimen específico para su delimitación y formalización se recoge actualmente en el Real decreto 1367/2007 ya mencionado en apartados anteriores.

- Restricciones operativas:

Dentro del concepto de “enfoque equilibrado” se define restricción como cualquier acción relacionada con el ruido que limita y reduce el acceso de una aeronave a un aeropuerto. De esta manera, el establecimiento de restricciones operativas puede mejorar la afección acústica existente mediante la prohibición o limitación de la operación de las aeronaves más ruidosas.

Estas medidas contemplan las opciones más drásticas para aliviar la situación existente, no obstante deberían adoptarse únicamente tras haber evaluado los beneficios implícitos a medidas de los tres grupos anteriores. Además, pueden tener implicaciones económicas significativas para las aerolíneas implicadas, tanto las nacionales como el resto de aerolíneas que operan con el aeropuerto afectado, especialmente aquellas procedentes de países en vías de desarrollo.

A nivel internacional, la mejor medida para asegurar la reducción de niveles de emisión consistió en definir una serie de límites de certificación acústica basados en las consideraciones incluidas en diferentes capítulos del Anexo 16, Volumen I, 2ª parte, de la Convención sobre Aviación Civil Internacional (Convención de Chicago).

La OACI consideró la adopción de las primeras restricciones operativas hace 15 años.

La sesión extraordinaria de la Asamblea de 1990 estableció una intención de retirada de las aeronaves capítulo 2 de certificación referida a las aeronaves jet subsónicas.

A los estados que sufrían complicados problemas acústicos, se les permitió la implantación de restricciones a la operación de aquellos aviones que no verificaban los requerimientos impuestos por el capítulo 3 de certificación (Anexo 16, Volumen I, 2ª parte, de la Convención sobre Aviación Civil Internacional). Sin embargo, se les instó a aplicar las medidas únicamente a aquellas aeronaves que llevaran en servicio más de 25 años para posteriormente implementar una retirada paulatina durante un periodo de 7 años, comprendido entre el 1 de abril de 1995 y el 1 de abril de 2002.

Por esta razón, desde el 1 de abril de 2002 existe la prohibición a la operación de las aeronaves subsónicas civiles que no tengan el certificado de ruido conforme a las normas capítulo 3 en los aeropuertos comunitarios (en cumplimiento de la Directiva 92/14/CEE).

En 2001, la problemática fue planteada de nuevo tratando de analizar las posibles repercusiones de establecer una restricción paulatina a las aeronaves capítulo 3 en favor de un nuevo estándar de certificación aplicable desde el 1 de enero 2006, el capítulo 4.

El estudio mostró que una retirada adicional tendría un relativo beneficio ambiental mientras que su coste de ejecución sería enorme. Por este motivo, el Comité de Protección Ambiental en la Aviación (CAEP) y la Asamblea de la OACI decidieron rechazar esta iniciativa.

A nivel estatal, el primer referente legislativo relativo a la aplicación de restricciones operativas recayó en el Real Decreto 873/1987 mediante el cual se establecían limitaciones sobre las operaciones de los aviones que no cumplían unos criterios de ruido marcados:

“Los aviones subsónicos civiles de reacción o de hélices, matriculados en España con anterioridad a la entrada en vigor del presente Real Decreto y comprendidos en alguna de las categorías que figuran en el volumen I (Emisiones sonoras de las aeronaves) del Anexo 16 del Convenio relativo a la Aviación Civil Internacional, en su versión aplicable a partir del 26 de noviembre de 1981 en virtud de la enmienda número 5, denominada «Anexo 16/5», solamente podrán ser utilizados cuando se haya otorgado la certificación acústica como consecuencia de haberse realizado una comprobación que demuestre que cumplen con especificaciones al menos iguales a las establecidas en la segunda parte, capítulos 2, 3, 5 ó 6, del volumen I del Anexo 16/5, según proceda”.

A partir de este Real Decreto, las legislaciones aplicables han tenido una clara secuencia por fases:

1. Aprobación de estándares o límites de ruido para los aviones
2. Establecer normas de no matriculación en España de aviones que no cumplan estos estándares
3. Establecer la limitación y retirada de los aviones que no cumplían.

Desde entonces, se han tomado una serie de medidas con el objetivo primero de limitar la matriculación de esos aviones y con la retirada progresiva en una etapa ulterior.

A este respecto cabe destacar que la Administración española sigue la estrategia definida a nivel internacional en relación al “enfoque equilibrado” de forma que no se adoptarán medidas que puedan restringir la operatividad del aeropuerto hasta que previamente se haya demostrado mediante un procedimiento regulado en el Real Decreto 1257/2003 de 3 de octubre, por el que se regulan los procedimientos para la introducción de restricciones operativas relacionadas con el ruido en aeropuertos, que se han implantado todas las medidas posibles para disminuir las afecciones medioambientales y en particular acústicas que no restrinjan la capacidad aeroportuaria. En todo caso las medidas deben ser previamente consensuadas con los diferentes agentes del sector para minimizar las consecuencias negativas que pudieran derivarse.

La adopción de dichas medidas tan sólo debería aplicarse en aquellos aeropuertos en los que por su nivel de tráfico fuera necesario.

PROCECIMENTOS OPERACIONALES DE ATENUACIÓN DE RUIDO

1) GENERALIDADES SOBRE LA APLICACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE ATENUACIÓN DE RUIDO

- 1.1. Los procedimientos siguientes se establecen para evitar ruidos excesivos en los alrededores del aeropuerto.
- 1.2. Estos procedimientos se aplicarán a todos los aterrizajes y despegues efectuados con aviones a reacción.

- 1.3. Los pilotos pueden omitir estos procedimientos solamente si la seguridad del avión lo requiere.
- 1.4. Los operadores que no puedan cumplir con estos procedimientos someterán a la autoridad correspondiente el procedimiento que puedan aplicar a estos fines para su posible aprobación.
- 1.5. El término “noche” se aplica al periodo de tiempo comprendido entre las 21:00 y las 05:00 UTC.
- 1.6. Los vuelos de entrenamiento y pruebas no se realizarán durante la noche.

2) LIMITACIÓN DE PRUEBA DE MOTORES EN TIERRA

La limitación de las pruebas establecerá el horario en el que podrán realizarse las pruebas, así como el régimen de funcionamiento que presentará el motor durante la ejecución de las mismas.

Esta limitación sólo podrá eludirse en caso de que sea totalmente esencial para la adecuada preparación de un vuelo ya programado y autorizado.

3) PROCEDIMIENTOS DE DESPEGUE

El procedimiento de despegue a seguir afectará al nivel de ruido generado por el avión durante la ejecución de dicho procedimiento. La idea de esta limitación consiste en establecer un procedimiento de despegue para las aeronaves que produzca el menor ruido posible.

A continuación se desarrolla un procedimiento estándar como ejemplo:

Hasta subir a 1000 Ft AGL:

- Potencia de despegue
- Velocidad: $V_2 + 10KT$
- Flap de despegue

Desde 1000 Ft a 3000 Ft:

- Potencia reducida de ascenso
- Velocidad: $V_2 + 10/20KT$

- Flap apropiada

Al alcanzar 3000 Ft:

- Retraer flaps.
- Ascenso normal en ruta.
- Acelerar para mantener velocidad inferiores a 250 IAS por debajo de FL120.

4) PROCEDIMIENTOS DE APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE

Esta limitación consiste en introducir algunas restricciones en los procedimientos a ejecutar:

- Las operaciones de aproximación y aterrizaje en condiciones meteorológicas visuales se llevarán a cabo con un ángulo igual o superior al definido por el GP, ILS o VASIS de cada pista.
- Por la noche, no debe emplearse empuje de reversa superior al mínimo (ralentí), excepto por razones de seguridad. Durante el día, se podrá utilizar la reversa normal.

Tabla 3.5 Procedimientos operacionales de atenuación de ruido
Fuente: AGA, España

3.4 Metodología de evaluación de niveles sonoros

3.4.1 Modelo informático de simulación

3.4.1.1 Justificación del modelo de software empleado

La Directiva 2002/49/CE, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental, la Ley 37/2003 del Ruido y el Real Decreto 1513/2005, que la desarrolla, establecen los métodos de cálculo recomendados en función de la fuente emisora. En el caso del ruido de aeronaves, dichas normas se remiten al Documento Nº 29 de la ECAC.CEAC (Conferencia Europea de Aviación Civil) *“Report on Standard Method of Computing Noise Contours around Civil Airports”* (1997), como metodología de referencia.

Sin embargo, en 2001 la ECAC.CEAC emprendió la revisión de su Documento 29 para incorporar las tecnologías más avanzadas a la modelización de las curvas de ruido asociadas a los aeropuertos. Finalmente la tercera edición del citado Documento se publicó en diciembre de 2005, introduciendo importantes modificaciones en los algoritmos de cálculo a emplear en la modelización del ruido aeroportuario. Las principales novedades incorporadas a la última edición se describen a continuación:

- Adopción de la técnica de segmentación, que consiste en dividir la trayectoria de vuelo en segmentos sobre los cuales es posible evaluar condiciones distintas de régimen de motor de acuerdo a las condiciones de operación (subir a velocidad constante, acelerar manteniendo la altura, etc).
- Mejora de los algoritmos de cálculo de la atenuación lateral. En la versión anterior (1997) este proceso se encontraba regulado por la metodología descrita en la norma SAE AIR-1751: *“Prediction Method for Lateral Attenuation of Airplane Noise during Takeoff and Landing”* (1981), desarrollada por la Society of Automotive Engineers, de Estados Unidos.

Esta metodología fue confeccionada a partir de datos empíricos desarrollados en 1980, basados fundamentalmente en aeronaves que tenían instalados los motores en el fuselaje. Esta circunstancia, antes habitual, difiere de las flotas actuales en las que los motores están instalados en las alas.

En base a esta modificación se produjo una actualización de la norma anterior mediante la SAE AIR-5662 de la misma organización y que es la considerada en esta nueva versión (2005) del Documento Nº 29 de la ECAC.CEAC.

Debido a esta nueva edición del método recomendado, ha surgido una gran controversia en relación a los modelos de cálculo a emplear. La Directiva 2002/49/CE, publicada en julio de 2002, hace referencia expresa a la versión de 1997 del Documento Nº 29 de la ECAC.CEAC y a que deberá tenerse en cuenta la versión revisada una vez sea aprobada por la Conferencia, a fin de incorporarla al anexo II de la Directiva 2002/49/CE como método recomendado. A fecha de elaboración de los Mapas Estratégicos de Ruido de aeropuertos, aún no se había producido la citada aprobación.

Una vez analizado el marco normativo relativo a la modelización del ruido, es necesario analizar la adaptación de los “software” disponibles a estos últimos cambios realizados, concretamente aquellas relativos a su incorporación al ***Integrated Noise Model (INM) de la Federal Aviation Administration (FAA)***.

El INM es el modelo comercial de más amplia distribución y probada reputación a nivel internacional, que siempre ha evolucionado en paralelo o incluso de forma innovadora sobre las recomendaciones internacionales. De este modo, mediante la publicación de numerosas versiones ha ido enriqueciendo sus bases de datos de partida e introduciendo todas las mejoras posibles en sus algoritmos de cálculo, a medida que éstas se iban sucediendo.

Desde el punto de vista de la técnica de segmentación descrita, la Recomendación de la Comisión Europea de 6 de agosto de 2003, relativa a las Orientaciones sobre los métodos de cálculo provisionales (se adjunta) cita el uso del método de segmentación descrito en el “*Technical Manual of the Integrated Noise Model (INM)*”, versión 6.0, publicado en enero de 2002. Es decir, esta técnica constituye una de las bases de cálculo del software, motivo por el cual todas las versiones del mismo la incorporan.

Sin embargo, no sucede lo mismo con el análisis relativo al empleo de los algoritmos de atenuación lateral. La versión 6.0c del INM es la que cumple con la recomendación del Documento Nº 29 ECAC.CEAC, versión de 1997, al considerar la metodología contenida en la citada SAE AIR-1751 (1981). Por este motivo, es el modelo empleado para la elaboración de los mapas estratégicos de ruido de los grandes aeropuertos. Esta decisión, tal y como ha sido justificada, se basa en la no pronunciación por parte de la Comisión de una alteración de los métodos recomendados de cálculo una vez se había publicado la nueva versión del Documento Nº 29 de la ECAC.CEAC.

Todo ello, fue corroborado por el Ministerio de Medio Ambiente, órgano designado para la remisión de los datos asociados a los mapas estratégicos de ruido a la Comisión Europea, en el documento “*Criterios para la elaboración de los mapas estratégicos de ruidos*”

en aeropuertos”, definido conjuntamente por el Ministerio de Medio Ambiente, el Ministerio de Fomento y Aena, con fecha de 26 de julio de 2006, en el que se recogen los criterios técnicos a tener en cuenta para la elaboración de los mapas estratégicos de ruido de los grandes aeropuertos de interés general, gestionados por Aena.

La versión 6.1 de INM, a pesar de estar disponible desde un tiempo muy anterior a la publicación de la nueva versión del Documento Nº 29 de la ECAC.CEAC, no verifica los estándares de la versión de 1997. La razón radica en su carácter de innovación y mejora continua, lo cual llevó a sus desarrolladores a introducir unas variaciones en previsión de la futura revisión de la SAE AIR 1751 (1981). Para ello diferenciaron las aeronaves en aquellos reactores con la motorización instalada en el fuselaje, en las alas y los turbohélices. Sobre estos dos últimos grupos se introdujeron factores de corrección que simulaban la especial disposición de los focos emisores adelantándose a la publicación de la actual SAE AIR-5662.

Actualmente se comercializa la versión 7.0 que incorpora la totalidad de las especificaciones introducidas en la nueva versión del Documento Nº 29 de la ECAC.CEAC, así como mejoras adicionales alcanzadas en la modelización de los efectos atenuadores ocasionados por la geomorfología del terreno. A su vez, esta nueva edición dispone de una versión “a” que introduce mejoras a algunos errores de display generados e introduce nuevas aeronaves a su base de datos.

Es por ello, que a pesar de las razones anteriormente expuestas, haya sido la versión 7.0. la seleccionada para la elaboración de este Proyecto, dado que éste tiene carácter académico y no se justifica su empleo de cara a la presentación de resultados a la Comisión Europea u otros organismos oficiales.

3.4.1.2 Descripción del modelo

Para un escenario de cálculo determinado, el INM debe representar la configuración física de su campo de vuelos y su entorno así como la manera en la cual se utilizan estas instalaciones, es decir su régimen operativo.

Para conseguir este objetivo es necesario recabar información que describa las operaciones de aterrizaje y despegue para el período de cálculo considerado, incluyendo la descripción del modelo de aeronave que realiza cada operación y las trayectorias de vuelo seguidas en las operaciones de despegue y aproximación al aeropuerto.

El proceso de cálculo del valor de los índices de medida seleccionados se realiza de forma similar en todos los puntos de una malla de cálculo, definida previamente, que abarca el ámbito de simulación deseado. Los niveles de ruido generados por cada operación de sobrevuelo en cada punto de la malla se obtienen mediante integración de los diferentes resultados obtenidos para cada segmento de ruta con la aplicación de algoritmos en los que intervienen los datos de comportamiento acústico de cada aeronave, los perfiles de vuelo y las distancias de la aeronave al punto en cuestión.

Dichos niveles se corrigen mediante algoritmos que reflejan la incidencia de la atenuación lateral, concretamente norma SAE-AIR-1751 “Prediction Method for Lateral Attenuation of Airplane Noise during Takeoff and Landing” de 1981 de acuerdo al Documento Nº29 de la ECAC/CEAC (versión de 1997). A partir de los valores corregidos se aplica la expresión del índice de exposición deseado (que puede incluir la consideración de factores de penalización para las operaciones realizadas en determinados períodos del día), obteniéndose el valor del mismo en los puntos de la malla de cálculo.

Las huellas sonoras o contornos de igual nivel de ruido (isófonas) constituyen el resultado gráfico fundamental del proceso de cálculo y pueden ser incorporadas a los mapas de compatibilidad de usos.

El modelo también proporciona los niveles de afección en puntos concretos en los que su caracterización sea importante para los procesos de evaluación. Tal es el caso de equipamientos de tipo educativo o sanitario en los que los niveles de calidad ambiental son más restrictivos.

En estos puntos, el modelo proporciona información detallada que permite distinguir aquellos eventos que contribuyen de manera más significativa a los niveles resultantes.

En el diagrama de flujo de la de la siguiente ilustración, se muestra esquemáticamente la metodología seguida para realizar la simulación de un caso con el INM

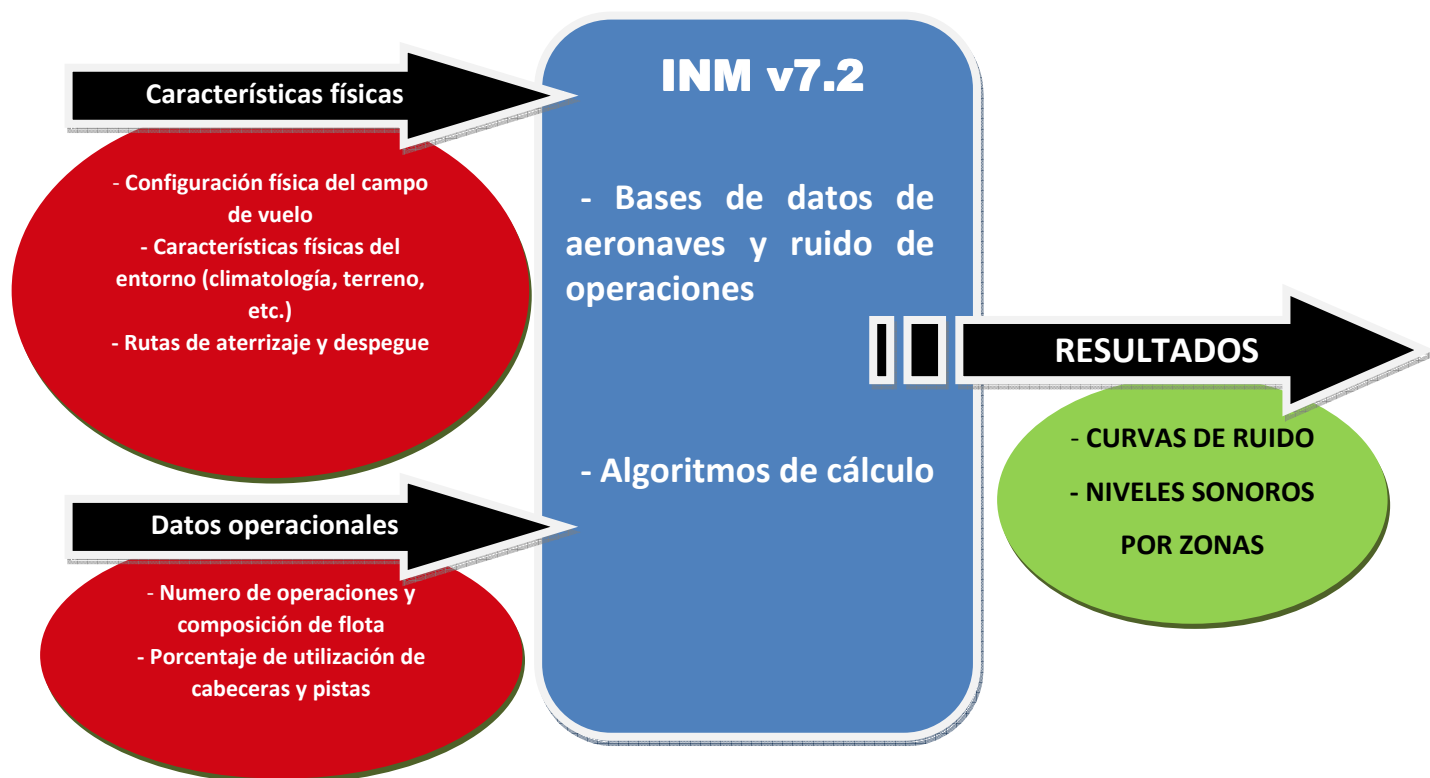


Ilustración 3.8 Metodología del INM para el cálculo de Isófonas
Autor: Elaboración propia

3.4.2 Escenario de simulación

Los datos que definen un escenario de cálculo pueden agruparse en tres grandes grupos:

- Configuración del aeropuerto y utilización de las pistas en las operaciones de aterrizaje y despegue.
- Rutas de aterrizaje y despegue empleadas.
- Número de operaciones y composición de la flota.

De acuerdo con la Directiva 2002/49/CE, los mapas estratégicos del ruido reflejarán la operativa actual de cada uno de los grandes aeropuertos partiendo de la información anual disponible más reciente.

Debido a la multitud de las bases de datos de información necesarias para afrontar la caracterización de cada uno de los factores que definen el escenario de cálculo, en especial la operativa del aeropuerto, se ha fijado el año 2008 como representativo de la situación actual.

3.5 Mapas estratégicos

3.5.1 Datos de entrada en el modelo matemático

3.5.1.1 Características físicas

3.5.1.1.1 Configuración física de aeropuerto

El objetivo de un modelo de simulación es tratar de representar el fenómeno acústico de la manera más fidedigna. El trabajo comienza con la definición geométrica y espacial de la fuente emisora.

Tal y como se ha descrito en al inicio de este capítulo, como fuentes de ruido se consideran únicamente las operaciones comerciales de aterrizaje y despegue de aeronaves con origen/destino el aeropuerto de Sevilla.

Por ello la definición de la pista implica la representación de la fuente emisora principal sobre la cual se asignará la operación de aeronaves. El campo de vuelos existente para el escenario de cálculo, consta de una única pista de pavimento asfáltico (PCN 100/F/D/W/T), de orientación 09-27 cuyas distancias declaradas son:

UMBRAL	TORA (m)	TODA (m)	ASDA (m)	LDA (m)
09	3.360	3.420	3.360	3.360
27	3.360	3.460	3.360	3.360

Tabla 3.6 Distancias declaradas de la pista del Aeropuerto de Sevilla
Autor: Elaboración propia

La definición de la posición de la pista existente se realiza es base a las coordenadas y altitud de cada uno de los umbrales publicados en el AIP (Publicación Informática Aeronáutica) correspondiente al aeropuerto de Sevilla.

UMBRAL	Coord. Geográficas ¹		Coord. UTM ²		ELEVACIÓN (m)
	Longitud	Latitud	X (m)	Y (m)	
09	37° 25' 04,35''N	05° 54' 43,50''W	242.278,3	4.145.279,8	23.5
27	37° 25' 04,81'' N	05° 52' 26,77'' W	245.640,7	4.145.190,9	33.9

Tabla 3.7 Coordenadas de los umbrales de la pista, Aeropuerto de Sevilla
Autor: Elaboración propia

¹Elipsoide WGS 84

²Elipsoide Internacional. DATUM Europeo ED50, huso 30

La ilustración siguiente representa la disposición de las pistas y de cada uno de los umbrales.



Ilustración 3.9 Localización de los umbrales de pista en el Aeropuerto de Sevilla
Autor: Elaboración propia

3.5.1.1.2 Trayectorias de aterrizaje y despegue

La distribución espacial del ruido viene determinada, además de por la ubicación de las pistas, por las trayectorias seguidas por las aeronaves en sus operaciones de aterrizaje y despegue.

Para describir y representar este recorrido o “ruta nominal”, se ha utilizado la información publicada en el documento “Publicación de Información Aeronáutica (AIP)” en la fecha en la que se ha llevado a cabo el cálculo del mapa estratégico de ruido. Se trata de un documento que fija y describe el funcionamiento del aeropuerto desde el punto de vista operativo indicando las maniobras u operaciones que son permitidas o en su defecto prohibidas. Su contenido es de obligado cumplimiento para la totalidad de agentes que operan en el aeropuerto, en especial las compañías aéreas.

En él se distinguen, para cada una de las cabeceras, distintas rutas de acuerdo a los destinos y a la organización del espacio aéreo.

A continuación se presenta una relación de las salidas y llegadas caracterizadas en la simulación basadas en las cartas normalizadas publicadas en el AIP del aeropuerto en la fecha en la que se ha realizado en Mapa estratégico de Ruido.

Pista	Fecha de publicación	Nombre trayectoria	Trayectoria simulada
Salidas normalizadas de vuelo por instrumentos (SID)			
09	08-Mayo-2008	CLANA1R	09_01
		ONUBA1R	
		VJF1R	
		MAR1R	09_02
		VIBAS1R	
		SANTA1R	09_03
		HIJ1R	09_04
Llegadas normalizadas de vuelo por instrumentos (STAR)			
09	08-Mayo-2008	BLN2F	Lleg_09
		HIJ3F	
		LEPES2F	
		MAR3F	
		SANTA3F	
		VJF3F	
		VIBAS3F	

Tabla 3.8 Trayectorias publicadas en el AIP. Cabecera 09
Fuente: AIP del aeropuerto de Sevilla

Pista	Fecha de publicación	Nombre trayectoria	Trayectoria simulada
Salidas normalizadas de vuelo por instrumentos (SID)			
09	08-Mayo-2008	CLANA2G	27_01
		ONUBA1G	
		VJF1G	
		MAR1G/VIBAS1G	
		SANTA1G	27_02
		HIJ1G	
Llegadas normalizadas de vuelo por instrumentos (STAR)			
09	08-Mayo-2008	BLN1E	Lleg_27
		HIJ2E	
		LEPES1E	
		MAR2E	
		SANTA2E	
		VJF2E	
		VIBAS2E	

Tabla 3.9 Trayectorias publicadas en AIP. Cabecera 27
Fuente: AIP del aeropuerto de Sevilla

3.5.1.2 Características operacionales

3.5.1.2.1 Régimen de utilización de pistas y trayectorias

Para el cálculo de los niveles sonoros en el escenario considerado se ha utilizado el porcentaje de cabeceras proporcionado por la Dirección del propio aeropuerto correspondiente al año 2008, siendo éste:

- 65% pista 09
- 35% pista 27

La utilización de trayectorias por cabecera de entre las representadas se ha estimado a partir de los datos para un día tipo proporcionados por el propio aeropuerto. Entre éstos datos figuran el tipo de operación, la fecha y hora en la que ha tenido lugar el vuelo, la tipología de aeronave, la matrícula, el aeropuerto de origen/destino, etc.

Del registro aeropuerto origen/destino se puede extraer la trayectoria probable que se asignará en control de tránsito aéreo de acuerdo a las cartas de navegación contenidas en el AIP.

A continuación se resumen las principales directrices tenidas en cuenta en el cálculo de los niveles sonoros:

→ Llegadas cabecera 09 y cabecera 27:

- La maniobra de aproximación se encuentra basada inicialmente en la STAR publicada para su ruta y asistida en su fase final por la senda fijada por el ILS.

→ Salidas cabecera 09 y cabecera 27:

- En el caso de las salidas se ha optado por una simplificación de las trayectorias dividiendo éstas según su dirección principal, agrupando aquellas cuyo recorrido en las zonas aledañas al aeropuerto es similar.

Teniendo en cuenta cada uno de los factores descritos, los valores resultantes de asignación de trayectorias se muestran a continuación.

PORCENTAJES PARCIALES				PORCENTAJE TOTAL
Tráfico comercial	SALIDAS 50%	CABECERA_09 35%	09_01 >> 54,26%	9,49%
			09_02 >> 27,32%	4,8%
			09_03 >> 8,06%	1,41%
			09_04 >> 10,36%	1,8%
		CABECERA_27 65%	27_01 >> 81,6%	26,52%
			27_02 >> 18,4%	5,98%
	LLEGADAS 50%	CABECERA_09 35%	Lleg_09 >> 100%	17,5%
		CABECERA_27 65%	Lleg_27 >> 100%	32,5%

Tabla 3.10 Asignación de trayectorias correspondientes al tráfico desarrollado en el 2008 en el Aeropuerto de Sevilla
Autor: Elaboración propia

3.5.1.2.2 Dispersión respecto a la ruta nominal

Una aeronave en su trayectoria de aterrizaje o despegue puede experimentar desviaciones respecto de la ruta nominal o publicada en el AIP. Estas diferencias pueden producirse tanto en el plano horizontal como vertical constituyendo las dispersiones laterales y verticales respectivamente.

Dispersión lateral

Para modelar esta dispersión en las operaciones de salida, se adoptará como criterio para el cálculo de la dispersión lateral, el fijado en el Documento N° 29 de la ECAC.CEAC, recomendado por la Directiva 2002/49/CE.

La desviación estándar de las trayectorias se calcula en función de las ecuaciones adjuntas en la siguiente tabla.

A)RUTAS CON GIROS MENORES DE 45°	
$S(y)=0.055X-0.150$	para $2.7 \text{ Km} \leq x \leq 30 \text{ Km}$
$S(y)=1.5 \text{ Km}$	para $x > 30 \text{ Km}$
B)RUTAS CON MÁS DE UN GIRO O CON GIROS MAYORES DE 45°	
$S(y)=0.128X-0.42$	para $3.3 \text{ Km} \leq x \leq 15 \text{ Km}$
$S(y)=1.5 \text{ Km}$	para $x > 15 \text{ Km}$
S(y): Desviación estándar	
X: Distancia a lo largo de la trayectoria	

Tabla 3.11 Desviación Estándar según Doc. N°29 de la ECAC.CEAC
Fuente: Documento N°29 ECAC.CEAC

La dispersión sobre la trayectoria nominal (Y_m), se representa mediante dos subtrayectorias a cada lado de la trayectoria nominal con el siguiente espaciado y proporción:

ESPACIADO	PROPORCIÓN
$Y_m - 2.0 \cdot s(y)$	0.065
$Y_m - 1.0 \cdot s(y)$	0.24
Y_m	0.39
$Y_m + 1.0 \cdot s(y)$	0.24
$Y_m + 2.0 \cdot s(y)$	0.065

NOTA: El INM v7.0. utiliza éstos parámetros por defecto

Tabla 3.12 Porcentaje de asignación de tráfico de trayectorias secundarias
Fuente: Documento N°29 ECAC.CEAC

En lo que respecta a las aproximaciones, se mantendrá el criterio de no modelar estas dispersiones laterales, de acuerdo al Documento N° 29 de la ECAC.CEAC (1997), y la circular 205 de la OACI.

A continuación se incluyen unas ilustraciones que representan el trazado de cada una de las trayectorias simuladas así como los corredores laterales en los que existe cierta probabilidad de ser utilizados por las aeronaves. Un esquema más detallado de ambas situaciones se adjunta en el Anexo

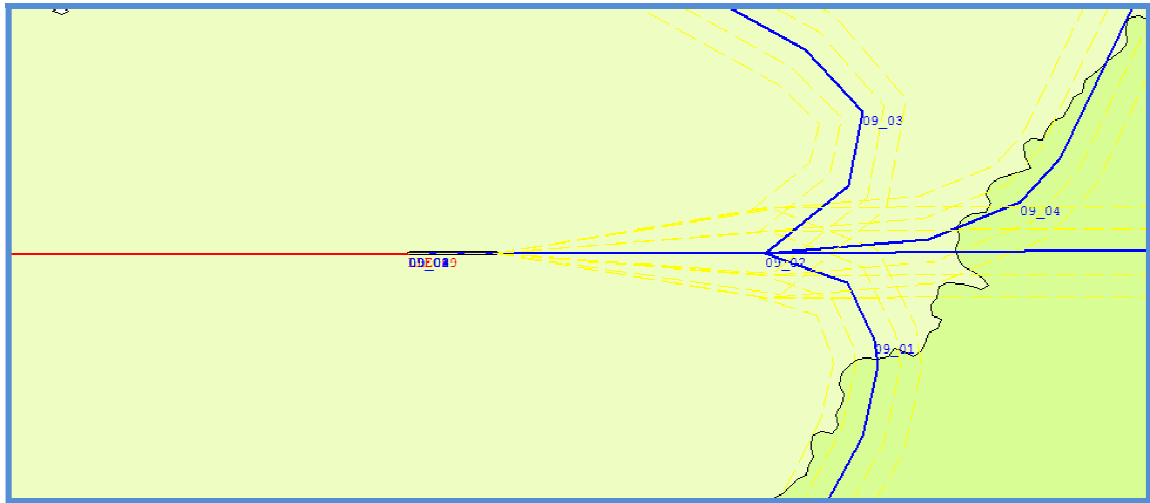


Ilustración 3.10 Trayectorias simuladas en el INM para la cabecera 09
Autor: Elaboración propia

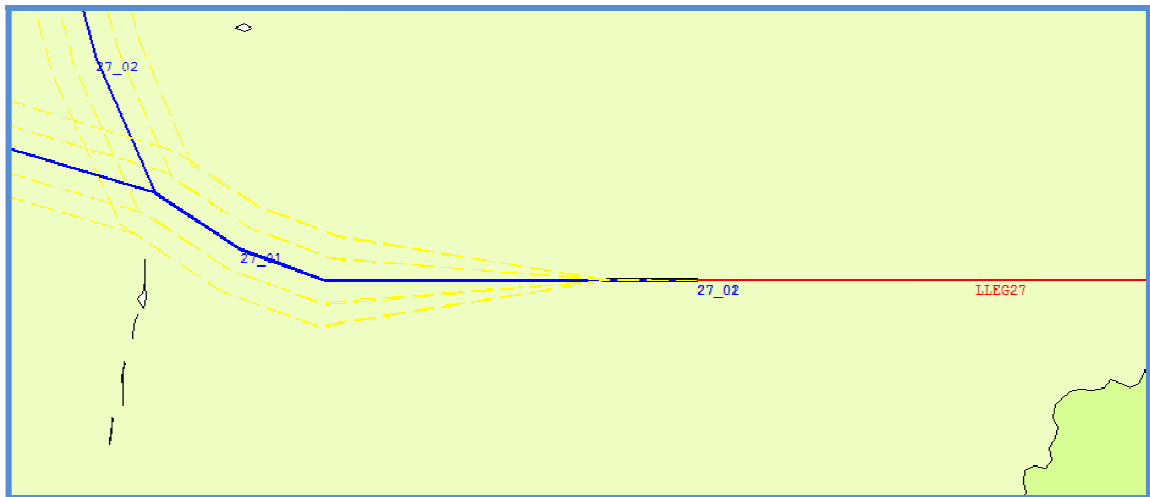


Ilustración 3.11 Trayectorias simuladas en el INM para la cabecera 27
Autor: Elaboración propia

Dispersión vertical

Para la dispersión vertical de las trayectorias de las aeronaves, se ha adoptado un “stage” o “longitud de etapa” máximo por tipo de aeronave.

Esta variable se define como la distancia que la aeronave recorre desde el aeropuerto origen hasta el aeropuerto destino o escala. Este parámetro permite al INM estimar el peso de la aeronave en el despegue, y por consiguiente, el perfil de ascenso que desarrollará en su operación. Al adoptar el “stage” máximo por tipo de aeronave, se obtiene el supuesto más

desfavorable, que corresponde a trazar la trayectoria vertical de la aeronave con la menor pendiente de ascenso posible.

Las longitudes de etapa que dispone el programa se muestran en la tabla adjunta a continuación.

Longitud de etapa	Distancia (MN _ millas náuticas)
1	0-500
2	500-1.000
3	1.000-1.500
4	1.500-2.500
5	2.500-3.500
6	3.500-4.500
7	Más de 4.500

Tabla 3.13 Perfiles de vuelo según Doc. Nº29 de la ECAC.CEAC
Fuente: Documento Nº29 ECAC.CEAC

Por ello, se asignará a cada una de las aeronaves seleccionadas en el estudio, su “stage” máximo de entre los que sea capaz de desarrollar, ya que no todos los modelos de aeronaves son capaces de desarrollar con autonomía una longitud muy elevada de millas, sino que ésta dependerá de la capacidad de los tanques de combustible y consumos propios de ese modelo.

3.5.1.2.3 Procedimientos de atenuación de ruido

De cara a la simulación y representación de la operativa actual no existen actividades atenuadoras con repercusión sobre el cálculo de los niveles sonoros.

3.5.1.2.4 Número de operaciones y composición de la flota

Se ha utilizado como número de operaciones de despegue/aterrizaje a modelar las correspondientes al día medio anual de operaciones realizadas en el escenario de cálculo (2008) por periodo horario considerado. Con ello se trata de reflejar el comportamiento y operativa media del aeropuerto cuyo mapa estratégico se quiere representar.

Se han diferenciado tres periodos temporales entre los cuales se distribuye el tráfico a simular.

Los intervalos considerados tienen la siguiente delimitación horaria especificada en la propia Directiva 2002/49/CE:

- Periodo día. Operaciones entre las 7-19h.
- Periodo tarde. Operaciones entre las 19-23h.
- Periodo noche. Operaciones entre las 23-7h.

Durante el año 2008 tuvieron lugar 50.628 operaciones que corresponden a 138'8 movimientos para el día medio, considerando movimiento tanto las operaciones de despegue como aterrizaje.

La distribución de operaciones del día medio a lo largo de los tres periodos horarios, se ha realizado teniendo en cuenta la acontecida sobre el día tipo proporcionado por el aeropuerto como ya se hizo con el porcentaje de utilización de cabeceras ya que dichos datos a nivel anual no son de carácter público, y no ha sido posible su adquisición. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Total día medio	DIA	TARDE	NOCHE
138,8	102,415534	18,8660194	17,5184466

Tabla 3.14 Número de operaciones simuladas para el escenario de cálculo (día medio 2008)
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos publicados en la Web oficial de Aena

Para determinar la tipología de las aeronaves y la contribución de cada modelo al volumen total de tráfico a utilizar en las simulaciones, se ha analizado la totalidad de las operaciones registradas por Aena durante el año 2008.

La Web de Aena proporciona el número de operaciones anuales clasificadas según el modelo de avión. Estos datos permiten identificar, en la extensa base de datos de INM, el modelo de aeronave que mejor lo identifica acústicamente.

Aquellos modelos de aeronave que operaron en el aeropuerto durante el periodo considerado y que no se encuentran contemplados en la base de datos del INM, serán sustituidos por modelos con un tamaño, peso máximo en despegue, número y tipo de motores lo más parecidos posibles, según recomendaciones realizadas por el propio programa.

Una vez seleccionada la flota media anual, se distribuye por cabecera y trayectoria en los porcentajes fijados teniendo en cuenta la práctica habitual, así como la posible existencia

de procedimientos atenuadores de ruido que condicionen la operativa de alguna de las instalaciones, descritos en el apartado anterior.

En el Anexo IV se incluyen el porcentaje de operaciones por tipo de modelo de aeronave que han tenido lugar en el año 2008 y el tipo de avión de la base de datos del INM utilizado en la simulación. Así mismo, se adjunta el número de operaciones según el tipo de avión utilizado en la modelización del INM para el escenario de simulación.

3.5.1.3 Factores de transmisión sonora

3.5.1.3.1 Modelización del terreno

El programa de simulación INM tiene la posibilidad de incorporar los datos altimétricos disponibles del terreno que se estudia, con el fin de considerar su efecto sobre los demás parámetros de la simulación. El modelo utiliza esta información para determinar la distancia entre el observador y la aeronave pero no calcula el efecto de atenuación y reflexión que éste pudiera originar.

El formato 3TX en el que se necesitan los datos del terreno es de un “grid” de 1 grado por 1 grado dividido en 1.200 tramos de 3 segundos. Los datos altimétricos tienen que estar redondeados al metro y deben estar ordenados a partir de la esquina SW en columnas de W a E y dentro de cada columna ordenados de S a N.

Es preciso mencionar que en el Documento Nº 29 de la ECAC.CEAC no se especifica la altura a la cual se calcula el ruido, pero debido a que todos los algoritmos están definidos en base a datos empíricos basados en mediciones a 1,2 metros de altura, se estima que ésta sea la altura de referencia.

La Directiva 2002/49/CE establece la necesidad de calcular los mapas estratégicos de ruido a una altura de 4 metros. Se han desarrollado estudios que analizan la influencia de la altura del receptor en los resultados del cálculo de niveles sonoros en aeropuertos (ERCD Report 0306, “Noise Mapping-Aircraft Traffic Noise”, Environmental Research and Consultancy Department. Civil Aviation Authority. UK). De ellos se concluye que un incremento de la altura del receptor de 1,2 a 4 metros de altura tiene una repercusión casi insignificante en los resultados considerando este tipo de fuente sonora.

3.5.1.3.2 Variables climatológicas

Para representar la influencia de las variables climatológicas en el proceso de transmisión del ruido, se aplicará como valor de temperatura, la media de las temperaturas horarias correspondientes a los 11 años anteriores al escenario de estudio. El valor resultado de considerar el periodo comprendido entre 1998-2008 corresponde a 19,7°C.

3.5.1.4 Métrica considerada

De acuerdo a la Directiva 2002/49/CE y su trasposición al estado español mediante la Ley 37/2003 del Ruido, las métricas unificadas para evaluar el grado de molestia y las alteraciones del sueño son L_{den} y L_{noche} respectivamente, que se definen de la siguiente manera:

- El nivel día-tarde-noche L_{den} en decibelios (dB) se determina aplicando la fórmula siguiente:

$$L_{den} = 10 \cdot \log \frac{1}{24} \cdot \left(12 \cdot 10^{\frac{L_{día}}{10}} + 4 \cdot 10^{\frac{L_{tarde}+5}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_{noche}+10}{10}} \right)$$

- L_{noche} es el nivel sonoro medio a largo plazo ponderado A definido en la norma ISO 1996-2: 1987, determinado a lo largo de todos los periodos nocturnos de un año. Por periodo nocturno se considera el intervalo de 8 horas comprendido entre las 23:00 y las 7:00 horas.

Para completar el análisis, se han añadido la métrica $L_{día}$ que se define así:

- $L_{día}$ se define como el nivel sonoro medio a largo plazo ponderado A definido en la norma ISO 1996-2: 1987, determinado a lo largo de todos los periodos diurnos de un año. Se corresponde con el nivel continuo equivalente expresado en dB(A) para el periodo de 12 horas comprendido entre las 7:00 y las 19:00 horas para todo un año.