



**TABLA DE  
 CONTENIDOS**

**NORMATIVA FEDERAL SOBRE RUIDO AÉREO**

NORMATIVA FEDERAL	C-1
Parte 150 Estudios de compatibilidad acústica	C-2
14 CFR Parte 36 Regulación federal sobre el ruido de los aviones	C-4
14 CFR Parte 91 Regulación federal sobre el ruido de los aviones	C-4
14 CFR Parte 161 Regulación de las restricciones de ruido y acceso aeroportuario	C-4

**DIRECTRICES SOBRE EL RUIDO Y LA COMPATIBILIDAD  
 DEL USO DEL SUELO**

DIRECTRICES DE COMPATIBILIDAD DEL USO DEL SUELO	C-8
Directrices federales de compatibilidad del uso del suelo	C-9
Directrices estatales de compatibilidad de usos del suelo seleccionadas	C-13
TENDENCIAS EN LAS DIRECTRICES DE COMPATIBILIDAD DEL USO DEL SUELO	C-15
NIVELES DE RUIDO AMBIENTAL	C-17
CONCLUSIONES	C-17

**MEDICIÓN Y ANÁLISIS DEL SONIDO**

RUIDO - SONIDO NO DESEADO	C-19
MEDICIÓN DEL SONIDO	C-19
SONORIDAD	C-19
PONDERACIÓN FRECUENCIAL	C-20
VARIACIÓN TEMPORAL DEL NIVEL SONORO	C-22
DESCRIPTORES CLAVE DEL SONIDO	C-22
REGLAS PRÁCTICAS ÚTILES	C-26

**EFFECTOS DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO**

EFFECTOS SOBRE LA SALUD	C-27
MOLESTIAS	C-29
ALTERACIONES DEL SUEÑO	C-29
NIÑOS Y ESCUELAS	C-30
VIBRACIÓN	C-31

**GLOSARIO DE TÉRMINOS DE COMPATIBILIDAD ACÚSTICA**

C-32
------



## NORMATIVA FEDERAL SOBRE RUIDO AÉREO

En los primeros tiempos de la aviación comercial, las comunidades cercanas a un aeropuerto no se veían muy afectadas por el sobrevuelo ocasional de aviones de hélice. Sin embargo, a finales de los años sesenta y principios de los setenta, el problema del ruido de los aviones se hizo cada vez más evidente con el comienzo de la era de los reactores. La Ley de Desregulación de 1978 intensificó el problema del ruido aeroportuario al permitir un entorno más competitivo entre las compañías aéreas y las rutas que cubrían. El aumento de la competencia trajo consigo servicios mejores y más asequibles, un incremento de la demanda y un aumento del ruido de los aviones.

Con la expansión del transporte aéreo, los residentes que vivían cerca de los aeropuertos del país empezaron a preocuparse cada vez más. Los ciudadanos empezaron a formar grupos activistas y a tomar medidas contra los responsables políticos locales y los operadores aeroportuarios. Con el aumento de las preocupaciones, las quejas y la concienciación medioambiental, la cuestión del ruido aeroportuario se convirtió en un grave problema entre los aeropuertos, las compañías aéreas y los residentes que vivían cerca de los aeropuertos del país.

*“A medida que se extendía el transporte aéreo, aumentaba la preocupación de los residentes próximos a los aeropuertos del país.”*

Desde una perspectiva nacional, los organismos federales empezaron a estudiar el ruido de los aviones y a elaborar directrices de planificación. En 1970, la Ley Nacional de Política Medioambiental de 1969 (NEPA) fue la primera legislación federal que obligaba a los operadores aeroportuarios a estudiar y analizar el impacto del ruido de los aviones antes de emprender grandes proyectos de desarrollo o mejora. Para que las operaciones aeroportuarias obtuvieran la aprobación de proyectos importantes, tenían que elaborar una Evaluación Ambiental (EA)

o una Declaración de Impacto Ambiental (EIS) que describiera los posibles impactos acústicos de cualquier proyecto propuesto sobre los residentes de los alrededores del aeropuerto.

Tras la aprobación de la NEPA, el Departamento de Transporte (DOT) y la Administración Federal de Aviación (FAA) adoptaron en 1976 la Política de Reducción del Ruido Aéreo (ANAP). La ANAP identificaba claramente las responsabilidades en materia de ruido de los aviones de la FAA, las compañías aéreas, los operadores aeroportuarios y las jurisdicciones locales.

La importancia del impacto del ruido en los aeropuertos se reconoció por primera

vez a nivel nacional en la Ley de Seguridad Aérea y Reducción del Ruido de 1979. Esta ley obligaba a la FAA a adoptar una normativa que estableciera un sistema único de medición del ruido de los aviones y determinara la exposición de las personas al ruido en las proximidades de los aeropuertos.

### NORMATIVA FEDERAL

La reducción del impacto del ruido de los aviones es una cuestión compleja en la que varias partes comparten la responsabilidad: el gobierno federal, los gobiernos estatales y locales, las agencias de planificación, el propietario del aeropuerto, los usuarios del aeropuerto, los fabricantes del aeropuerto y los residentes locales. El objetivo de este documento de información técnica es ofrecer un resumen de las normativas y responsabilidades en materia de ruido de la aviación a nivel federal.

La aviación desempeña un papel vital en el comercio interestatal. Reconociendo esto, el gobierno federal ha asumido el papel de coordinador y regulador del sistema de aviación de la nación. El Congreso ha asignado autoridad administrativa y reguladora a la Administración Federal de Aviación (FAA), cuyas responsabilidades incluyen:



- La regulación del comercio aéreo con el fin de promover su desarrollo, seguridad y cumplir con los requisitos de la defensa nacional.
- La promoción, fomento y desarrollo de la aeronáutica civil.
- El control del uso del espacio aéreo navegable y la regulación de las operaciones de los aviones civiles y militares para promover la seguridad y eficiencia de ambas.
- El desarrollo y funcionamiento de un sistema común de control del tráfico aéreo y de navegación para los aviones militares y civiles.

La FAA también administra un programa de subvenciones federales para el desarrollo de planes directores de aeropuertos, la adquisición de terrenos y la planificación, diseño y construcción de mejoras aeroportuarias subvencionables. Además, el Congreso aprobó leyes y la FAA estableció normativas que regulan la elaboración de programas de compatibilidad acústica. También se aplicaron leyes y reglamentos que exigían la conversión de la flota de aviones comerciales a aviones más silenciosos. Las siguientes secciones resumen estas normativas que se encuentran en el Título 14 del Código de Reglamentos Federales (14 CFR).

### Parte 150 Estudios de compatibilidad acústica

La Ley de Seguridad Aérea y Reducción del Ruido de 1979 (Código de los Estados Unidos, Título 49, Secciones 47501-47510), promulgada el 18 de febrero de 1980, fue promulgada para "...proporcionar y llevar a cabo programas de compatibilidad acústica, proporcionar asistencia para garantizar la seguridad continua en la aviación, y para otros fines". Se confirió a la FAA la autoridad para aplicar y administrar la Ley.

14 CFR Parte 150 (Parte 150), la norma administrativa promulgada para aplicar la Ley, establece los requisitos para los operadores aeroportuarios que decidan llevar a cabo un estudio de compatibilidad acústica del aeropuerto con ayuda de financiación federal. La Parte 150 prevé la elaboración de dos documentos finales: los Mapas de Exposición al Ruido y el Programa de Compatibilidad Acústica.

**Mapas de Exposición al Ruido.** El documento de Mapas de Exposición al Ruido (NEM) describe las condiciones de ruido existentes y futuras en el aeropuerto. Puede considerarse como un análisis

de referencia que define el alcance de la situación del ruido en el aeropuerto e incluye mapas de exposición al ruido para el año en curso, a cinco años y previsiones a largo plazo. Los contornos de ruido se representan en varios mapas de uso del suelo para revelar las zonas de uso del suelo no compatible. El documento incluye información de apoyo detallada que explica los métodos utilizados para elaborar los mapas.

La Parte 150 exige el uso de metodologías y parámetros normalizados para analizar y describir el ruido. También establece directrices para la identificación de los usos del suelo que son incompatibles con diferentes niveles de ruido. Los propietarios de aeropuertos están obligados a actualizar los mapas de exposición al ruido cuando los cambios en el funcionamiento del aeropuerto

creen un nuevo uso sustancial no compatible. Esto se define como un aumento del nivel sonoro medio anual día-noche (DNL) o del nivel equivalente de ruido

comunitario en California (CNEL) de 1,5 decibelios por encima de los usos del suelo no compatibles.

El propietario del aeropuerto puede disfrutar de un grado limitado de protección jurídica mediante la elaboración de mapas de exposición al ruido. La sección 47506 de la recodificada Ley de Seguridad Aérea y Reducción del Ruido de 1979 (ASNA) establece que:

Una persona que adquiera un interés en una propiedad... en una zona circundante a un aeropuerto para el que se haya presentado un mapa de exposición al ruido... y que tenga conocimiento real o implícito de la existencia del mapa sólo podrá reclamar daños y perjuicios por el ruido atribuible al aeropuerto si, además de cualesquiera otros elementos para la reclamación de daños y perjuicios, la persona demuestra que:

*"La reducción del impacto acústico de los aviones es una cuestión compleja cuya responsabilidad comparten varias partes..."*

- (1) después de adquirir el interés, se produjo un cambio significativo en
  - (A) cambio en el tipo o frecuencia de las operaciones de aviones en el aeropuerto;
  - (B) cambio en el trazado del aeropuerto;
  - (C) cambio en los patrones de vuelo; o
  - (D) aumento de las operaciones nocturnas; y
- (2) los daños resultaron del cambio o aumento

ASNA establece que se atribuirá “conocimiento constructivo” a cualquier persona si se le proporcionó una copia del mapa de exposición al ruido en el momento de la adquisición de la propiedad, o si se publicó tres veces el aviso de la existencia del mapa de exposición al ruido en un periódico de circulación general en la zona. Además, la Parte 150 define “aumento significativo” como un aumento de 1,5 DNL o CNEL. (Consulte la Parte 150, Sección 150.21 (d), (f), y (g); y Manual de medio ambiente aeroportuario, Orden 5050.4B, 9(n)). A efectos de esta disposición, los funcionarios de la FAA consideran que el término “zona que rodea un aeropuerto” significa una zona dentro del contorno de 65 DNL. La FAA debe aceptar los mapas de exposición al ruido antes de aprobar un programa de compatibilidad acústica para el aeropuerto.

#### Programa de Compatibilidad Acústica.

Un Programa de Compatibilidad Acústica (NCP) incluye disposiciones para la reducción del ruido de los aviones mediante procedimientos operativos de los aviones, procedimientos de control del tráfico aéreo, reglamentos aeroportuarios o modificaciones de las instalaciones aeroportuarias. También incluye disposiciones para la planificación de la compatibilidad del uso del suelo y puede incluir acciones para mitigar el impacto del ruido en los usos del suelo no compatibles. El programa debe contener disposiciones para actualizaciones y revisiones periódicas.

La Parte 150 establece procedimientos y criterios para la evaluación por parte de

la FAA de los programas de compatibilidad acústica. Entre ellos, dos criterios son de particular importancia: el propietario del aeropuerto no puede tomar ninguna medida que imponga una carga indebida al comercio interestatal o exterior; ni puede discriminar injustamente entre las diferentes categorías de usuarios del aeropuerto.

Con un programa de compatibilidad acústica aprobado, el propietario de un aeropuerto puede optar a financiación a través del Programa Federal de Mejora de Aeropuertos (AIP) para aplicar los elementos elegibles del programa.

En 1998, la FAA estableció una política para la aprobación de la Parte 150 y la financiación de medidas de mitigación del ruido que establecía que la FAA no aprobará medidas en los programas de compatibilidad acústica que propongan acciones correctivas de mitigación del ruido para nuevos desarrollos no compatibles, que se permita que se produzcan en las proximidades de los aeropuertos después del 1 de octubre de 1998, fecha de entrada en vigor de la política. Por consiguiente, las medidas correctoras de mitigación del ruido para urbanizaciones no compatibles que se produzcan después del 1 de octubre de 1998 no podrán optar a la financiación del AIP en virtud de la reserva de ruido, independientemente de las aprobaciones previas de la FAA en virtud de la Parte 150. Esta política aumentó los incentivos para que los operadores aeroportuarios desalentaran el desarrollo de nuevos usos del suelo no compatibles en torno a los aeropuertos, y para garantizar el uso más rentable de los fondos federales gastados en medidas de mitigación del ruido.

En diciembre de 2003 se promulgó la ley Vision 100-Century of Aviation Reauthorization Act. Además de autorizar los programas de la FAA, la sección 189 de Vision 100 modificó la sección 47504(b) del 49 U.S.C. añadiendo una nueva subsección (b)(4). Esta subsección prohibía a la FAA aprobar medidas del NCP en los años fiscales 2004 a 2007 que requirieran el gasto de fondos del AIP para mitigar ruidos inferiores a 65 DNL o CNEL. Además, la legislación impide a la FAA aprobar medidas recomendadas por el NCP para mitigar el ruido fuera

de los 65 dB DNL o CNEL si las medidas requieren fondos del AIP, y a menos que la autoridad local de planificación del uso del suelo responsable de la planificación en la zona que rodea el aeropuerto haya adoptado directrices alternativas de compatibilidad del uso del suelo.



*“La Parte 150 establece directrices para la identificación de los usos del suelo que son incompatibles con diferentes niveles de ruido.”*

Además, como se señala en la Orden de la FAA 5190.6B Manual de cumplimiento aeroportuario, la FAA fomenta un enfoque equilibrado para abordar los problemas de ruido y ha desalentado las restricciones irrazonables del uso del aeropuerto. La política de la FAA es que las restricciones de uso de los aeropuertos se consideren únicamente como medida de último recurso cuando otras medidas de mitigación sean inadecuadas para abordar satisfactoriamente un problema de ruido y una restricción sea la única opción restante que pueda aliviar el ruido. Esta política fomenta el interés federal en mantener la eficiencia y la capacidad del sistema nacional de transporte aéreo y, en particular, la responsabilidad de la FAA de garantizar que los aeropuertos financiados con fondos federales mantengan un acceso público razonable de conformidad con la legislación aplicable.

## 14 CFR Parte 36 Regulación federal sobre el ruido de los aviones

La FAA ha exigido la reducción del ruido de los aviones en la fuente mediante la certificación, modificación de los

motores o sustitución de los aviones. La Parte 36 prohíbe una mayor escalada de los niveles de ruido de los aviones turbo reactores subsónicos civiles y de categoría de transporte y también exige que los nuevos tipos de aviones sean notablemente más silenciosos que los modelos anteriores. Las enmiendas posteriores han ampliado las normas de ruido para incluir aviones grandes y pequeños de hélice y aviones de transporte supersónicos.

La Parte 36 consta de cuatro etapas de certificación. La etapa 4 es la enmienda más reciente, ya que se adoptó en julio de 2005 y se aplica a los diseños de aviones presentados para su revisión después del 1 de enero de 2006. La etapa 3 se aplica a los aviones certificados desde el 5 de noviembre de 1975; la etapa 2 se aplica a los aviones certificados entre el 1 de diciembre de 1969 y el 5 de noviembre de 1975; y la etapa 1 incluye todos los aviones certificados anteriormente.

Las normas de certificación de la etapa 4 para aviones a reacción fijan la norma de ruido 10 decibelios por debajo de las normas de la etapa 3. Estas normas se aplican a todos los aviones a reacción, independientemente de su peso. Las restricciones de peso de los aviones se abordan en 14 CFR Parte 91. La reducción de 10 dB para los aviones de la etapa 4 es el total acumulativo de las reducciones de ruido para tres de los puntos de medición (aproximación, sobrevuelo y lateral). La norma exige que el ruido de los aviones se reduzca en dos de los tres puntos de medición.

Se estima que casi todos los aviones producidos actualmente podrán cumplir estos requisitos y, por lo tanto, se esperan beneficios mínimos para las comunidades que rodean los aeropuertos. En esta enmienda no está prevista la eliminación progresiva de los aviones de la etapa 2 con un peso inferior a 75.000 libras ni de los aviones de la etapa 3.

### **14 CFR Parte 91 Regulación federal sobre el ruido de los aviones**

La Subparte I de la Parte 91, comúnmente conocida como la "Norma sobre el ruido de la flota", establecía un calendario de cumplimiento según el cual los aviones de la etapa 1 debían retirarse o reequiparse con kits de silenciamiento o motores más silenciosos antes del 1 de enero de 1988. El Departamento de Transporte de EE.UU. ha concedido un número muy limitado de exenciones a los aviones extranjeros que operan en aeropuertos internacionales específicos.

De conformidad con el mandato del Congreso en la Ley de Ruido y Capacidad Aeroportuaria de 1990, la FAA ha establecido enmiendas a la Parte 91 fijando el 31 de diciembre de 1999 como fecha para dejar de utilizar todos los aviones de la etapa 2 que superen las 75.000 libras. Los aviones de la etapa 2 de más de 75.000 libras utilizados para vuelos no rentables pueden operar más allá de la fecha límite del 31 de diciembre de 1999 con los siguientes fines:

- Vender, arrendar o desguazar la aeronave;
- Realizar modificaciones para cumplir las normas de la etapa 3;
- Para obtener mantenimiento pesado programado o modificaciones significativas;
- Entregar la aeronave a un arrendatario o devolverla a un arrendador;
- Estacionar o almacenar la aeronave;
- Preparar la aeronave para cualquiera de estos eventos; u
- Operar bajo un certificado de aeronavegabilidad experimental.

La *Ley de Modernización y Reforma de la FAA de 2012* establece el 31 de diciembre de 2015 como fecha de retirada progresiva de los aviones de la etapa 2 que pesen menos de 75.000 libras. No se han adoptado restricciones adicionales ni fechas de eliminación para los aviones de las etapas 3 y 4.

Ni la Parte 36 ni la Parte 91 se aplican a los aviones militares. Sin embargo, muchos de los avances en la tecnología de motores silenciosos están siendo utilizados por los militares a medida que actualizan los aviones para mejorar el rendimiento y la eficiencia del combustible.

### **14 CFR Parte 161 Regulación de las restricciones de ruido y acceso aeroportuario**

La Parte 161 establece los requisitos de notificación y aprobación de las restricciones locales sobre los niveles de ruido de los aviones y el acceso a los aeropuertos. La Parte 161, que se desarrolló en respuesta a la Ley de Ruido y Capacidad Aeroportuaria de 1990, se aplica a las restricciones aeroportuarias locales que tendrían el efecto de limitar las operaciones de los aviones de etapa 2 o 3. Las restricciones reguladas por la Parte 161 incluyen límites directos de los niveles máximos de ruido, toques de queda nocturnos y tasas especiales destinadas a fomentar cambios en las operaciones aeroportuarias para reducir el ruido.



Para aplicar restricciones de ruido o de acceso a los aviones de la etapa 2, el operador aeroportuario debe notificar públicamente la propuesta y conceder al menos un período de comentarios de 45 días. Esto incluye la notificación a la FAA y la publicación de la restricción propuesta en el Registro Federal. Debe prepararse un análisis que describa la propuesta, las alternativas a la propuesta y los costos y beneficios de cada una de ellas.

Las restricciones de ruido o de acceso a los aviones de la etapa 3 sólo pueden aplicarse tras recibir la aprobación de la FAA. Antes de conceder la aprobación, la FAA debe comprobar que se cumplen las seis condiciones especificadas en la ley y enumeradas a continuación.

- (1) La restricción es razonable, no arbitraria y no discriminatoria.
- (2) La restricción no supone una carga indebida para el comercio interestatal.
- (3) La restricción propuesta mantiene el uso seguro y eficiente del espacio aéreo navegable.
- (4) La restricción propuesta no entra en conflicto con ninguna ley o reglamento federal existente.
- (5) El solicitante ha proporcionado oportunidades adecuadas para que el público comente la restricción propuesta.
- (6) La restricción propuesta no supone una carga excesiva para el sistema de aviación nacional.

En su solicitud de revisión y aprobación de la restricción por parte de la FAA, el operador aeroportuario deberá incluir una evaluación medioambiental de la propuesta y un análisis completo que aborde las seis condiciones. En un plazo de 30 días a partir de la recepción de la solicitud, la FAA debe determinar si la solicitud está completa. Una vez presentada la solicitud completa, la FAA publica un anuncio de la propuesta en el Registro Federal. La FAA debe aprobar o rechazar la restricción en un plazo de 180 días a partir de la recepción de la solicitud completa.

Desde la promulgación de la ANCA se han realizado muy pocos estudios de la Parte 161. La **Tabla IA** (en la página siguiente) resume los estudios que se han realizado hasta la fecha. Actualmente, sólo un estudio de la Parte 161, en Naples, Florida, ha sido considerado completo por la FAA. Sin embargo, la FAA también ha dictaminado que la restricción constituye una violación de las garantías de subvención que Naples firmó al aceptar fondos federales.

Los operadores aeroportuarios que apliquen restricciones de ruido y de acceso que infrinjan la Parte 161 pueden perder el derecho a recibir subvenciones aeroportuarias y la autorización para imponer y recaudar tasas por el uso de las instalaciones por los pasajeros.

## Ley de Reautorización de la FAA de 2018

La Ley de Reautorización de la FAA de 2018 (H.R. 302 o Ley) es una legislación integral que prescribe la financiación de subvenciones, las tasas a las instalaciones de pasajeros, el programa de mejora de aeropuertos y las consideraciones medioambientales y de ruido en los aeropuertos. El título I, subtítulo D, Ruido aeroportuario y racionalización medioambiental, aborda específicamente las preocupaciones de la comunidad sobre el ruido y proporciona financiación de subvenciones para la planificación de la compatibilidad del ruido aeroportuario, ampliando la financiación de

subvenciones hasta 2023 para múltiples cuestiones medioambientales y relacionadas con el ruido, incluida la actualización de los mapas de exposición al ruido, los estudios de aviones, los estudios sobre el impacto potencial en la salud y la economía del ruido de sobrevuelo, la exposición al ruido de los aviones y la mitigación del ruido aeroportuario y los estudios de seguridad. La H.R. 302 exige al administrador de la FAA que complete una evaluación de métricas alternativas a la actual norma de 65 DNL. Además, la Ley exige, en general, que los operadores aeroportuarios presenten mapas actualizados de exposición al ruido "Si, en un área que rodea un aeropuerto, un cambio en el funcionamiento del aeropuerto estableciera un nuevo uso sustancial no compatible, o redujera significativamente el ruido sobre los usos no compatibles existentes, que no se refleje ni en el mapa de condiciones existentes ni en el mapa de previsión actualmente registrado con la FAA". La presentación de un mapa actualizado de exposición al ruido sólo es necesaria si se producen cambios relevantes en las operaciones aeroportuarias durante el periodo de previsión.

La H.R. 302 exige a la FAA que dirija la atención a las preocupaciones de la comunidad sobre el ruido y mejore la participación de la comunidad en los proyectos NextGen ubicados en las principales áreas metropolitanas. Si se proponen nuevos procedimientos de salida de navegación de área o si se va



TABLA 1A

## Resumen de los estudios de la Parte 161

Aeropuerto	Año de inicio	Año de finalización	Costo	Propuesta, estado
Kahului Airport Kahului, Maui, Hawaii	1991	1994	\$50,000 (est.)	Propuesta de prohibición nocturna de los aviones de la etapa 2 en virtud de una estipulación judicial. La FAA consideró deficientes los análisis de costos y de impacto en todo el estado. El aeropuerto nunca presentó un estudio completo de la Parte 161. Suspendido el examen de la restricción.
Minneapolis-St. Paul International Airport Minneapolis, Minnesota	1992	1992	N.A.	Propuesta de prohibición nocturna de los aviones de la etapa 2. El análisis de costos y beneficios fue era deficiente. Nunca se presentó el estudio completo de la Parte 161. Suspendió el examen de la restricción y entabló negociaciones con las compañías aéreas para una cooperación voluntaria.
San Jose International Airport San Jose, California	1994	1997	Phase 1 - \$400,000 Phase 2 - \$5 to \$10 million	Estudio emprendido como parte de un acuerdo de resolución legal. Estudio de una restricción de etapa 2. Suspendido el estudio después de que el informe de la etapa 1 mostrara que los costos para las aerolíneas en San José eran mayores que los beneficios en San José. Nunca se emprendió la etapa 2, análisis de todo el sistema. Nunca sometió el estudio a la revisión de la FAA.
Pease International Tradeport Portsmouth, New Hampshire	1995	N.A.	N.A.	Aún no han sometido el estudio de la Parte 161 a la revisión de la FAA.
San Francisco International Airport San Francisco, California	1998	1999	\$200,000	Ampliación propuesta del toque de queda nocturno para los aviones de la etapa 2 de más de 75.000 libras. Estudio iniciado en mayo de 1998. Presentado a la FAA a principios de 1999 y posteriormente retirado.
Naples Municipal Airport Naples, Florida	1999	2003	Estimated cost of \$1.0 to \$1.5 million for consulting and legal fees due to litigation	Promulgación de una prohibición total de los aviones a reacción de aviación general de etapa 2 de menos de 75.000 libras. El aeropuerto empezó a aplicar la restricción el 1 de marzo de 2002.
Bob Hope Airport Burbank, California	2000	2009	Phase 1 - \$2 to \$4 million (est.) Phase 2 - \$1.8 million	La FAA denegó la solicitud alegando que existen otras soluciones viables y rentables.
Van Nuys Airport Van Nuys, California	2003	2010	\$5 million	Retirada programada de los aviones más ruidosos.
Los Angeles International Airport Los Angeles, California	2005	2014	N.A.	La FAA denegó la solicitud porque no cumple las seis condiciones legales.

N.A. - No disponible.

Fuentes: Entrevistas telefónicas con funcionarios de la Administración Federal de Aviación y personal de varios aeropuertos.

a modificar un procedimiento existente que podría dirigir el tráfico aéreo entre la superficie y los 6.000 pies sobre el nivel del suelo sobre áreas sensibles al ruido, el Administrador de la FAA deberá considerar opciones para abordar las preocupaciones sobre el ruido de la comunidad en las siguientes circunstancias:

- el operador del aeropuerto afectado presenta una solicitud al administrador de la FAA;
- la solicitud del operador del aeropuerto no se contradice con la operación segura y eficiente del espacio aéreo nacional; y,
- el efecto de un procedimiento de salida modificado no aumentará significativamente el ruido sobre las zonas sensibles.

Un elemento importante de la H.R. 302 es que el administrador de la FAA, en un plazo de dos años a partir de la fecha de la ley, debe presentar al Congreso recomendaciones preliminares sobre la relación entre la exposición al ruido de los aviones y los efectos en las comunidades cercanas a los aeropuertos. Dichos resultados determinarán las revisiones apropiadas de las directrices de compatibilidad del uso del suelo de la FAA 14 CFR Parte 150.



### Ley para garantizar el crecimiento y un liderazgo sólido en la aviación estadounidense (H.R. 3935)

Si se aprueba, esta Ley reautorizará los programas de la FAA cuando la *Ley de Reautorización de la FAA de 2018* expire el 30 de septiembre de 2023. A continuación se describen las secciones propuestas de la Ley relativas al programa de ruido de la FAA:

- La Sección 483 de la Ley propuesta requiere que el administrador de la FAA establezca un “grupo de trabajo de la comunidad aeroportuaria de interés... para evaluar y mejorar los procesos y mecanismos existentes para involucrar a las comunidades afectadas por el desarrollo aeroportuario y las operaciones de aviación.” El grupo de trabajo estudiará las orientaciones para mejorar la participación

de la comunidad recomendadas en el documento de septiembre de 2021 “Ruido de aviones: La FAA podrá mejorar la divulgación mediante la mejora de los indicadores de ruido, la comunicación y el apoyo a las comunidades” (GAO-21-103933) y otras áreas temáticas impulsadas por la retroalimentación local y regional.

- La Sección 484 de la Ley propuesta establecerá un Programa de Colaboración Comunitaria para coordinar la participación de la comunidad y poner en práctica el Grupo de Trabajo antes mencionado. Uno de los objetivos del programa es centralizar los datos sobre quejas por ruido y aumentar la capacidad de respuesta de la FAA a las preocupaciones de la comunidad en materia de ruido.
- La Sección 485 de la propuesta de ley obliga a la FAA a realizar un estudio externo sobre los parámetros del ruido de la aviación y a presentar los resultados al Congreso en un plazo de dos años.
- La Sección 832 de la Ley propuesta iniciará un estudio sobre las formas en que los gobiernos estatales, territoriales o locales pueden mitigar los impactos negativos del ruido de los helicópteros comerciales.





## DIRECTRICES SOBRE EL RUIDO Y LA COMPATIBILIDAD DEL USO DEL SUELO

En las comunidades con aeropuerto, el ruido es un factor crítico en el proceso de planificación del uso del suelo. Gracias a los avances de la tecnología aeronáutica, se han hecho grandes progresos en la reducción del ruido en su origen; sin embargo, el ruido de la aviación no puede eliminarse por completo. Las agencias locales, estatales y federales, reconociendo este hecho, han desarrollado directrices y reglamentos para abordar el ruido dentro del proceso de planificación del uso del suelo.

La variabilidad fundamental en la forma en que las personas reaccionan al ruido hace que sea imposible predecir con exactitud cómo responderá una persona a un nivel de ruido determinado. Sin embargo, cuando se considera la comunidad en su conjunto, surgen tendencias que relacionan el ruido con las molestias. Es posible realizar evaluaciones razonables del impacto medio del ruido de los aviones en una comunidad.

Según la investigación científica, la respuesta al ruido está más fuertemente correlacionada con el ruido medido con métricas de ruido acumulativo. En los Estados Unidos, la métrica de ruido acumulativo más utilizada es el nivel de ruido diurno y nocturno (DNL). El DNL

acumula el ruido total que se produce durante un período de 24 horas, con una penalización de 10 decibelios aplicada al ruido que se produce entre las 22:00 y las 7:00. El DNL se correlaciona bien con la respuesta media de la comunidad al ruido.

En California, se utiliza la métrica CNEL (nivel equivalente de ruido comunitario) en lugar de la métrica DNL. Las dos métricas son muy similares. Mientras que el DNL acumula el ruido total que se produce durante un período de 24 horas, con una penalización de 10 decibelios aplicada al ruido que se produce entre las 22:00 y las

*“Desde la década de 1960, las agencias federales han propuesto directrices de compatibilidad del uso del suelo basadas en los niveles de ruido de los aeropuertos”*

7:00 horas, el CNEL también añade una penalización de 4,77 decibelios para el ruido que se produce entre las 19:00 y las 22:00 horas. Basándose en la comparación adyacente de las dos métricas, en la práctica hay poca diferencia entre las dos métricas. Los cálculos de CNEL y DNL a partir de los mismos datos suelen arrojar valores con menos de 0,7 decibelios de diferencia (Caltrans 1983, p. 37).

Desde principios de la década de 1970, se han realizado varios estudios para estimar el porcentaje de la población que, por término medio, es probable que se sienta muy molesta por el ruido de los

aviones. Estos estudios han revelado que a 65 DNL, el porcentaje de población altamente molesta oscila entre el 12 y el 26 por ciento (Miedema y Oudshoorn 2002). Utilizando esta información, la métrica DNL o CNEL puede ser una herramienta de planificación útil para determinar la compatibilidad del uso del suelo.

### DIRECTRICES DE COMPATIBILIDAD DEL USO DEL SUELO

Desde la década de 1960, las agencias federales han propuesto directrices de compatibilidad del uso del suelo basadas en los niveles de ruido de los aeropuertos. Esta sección ofrece una visión general de las directrices de la Administración Federal de Aviación (FAA), el



Departamento de Defensa (DOD), el Departamento de Vivienda y Desarrollo Urbano (HUD), la Administración de Veteranos (VA) y la Agencia de Protección Ambiental (EPA). Desde la década de 1960, las agencias federales han propuesto directrices de compatibilidad del uso del suelo basadas en los niveles de ruido de los aeropuertos. Esta sección ofrece una visión general de las directrices de la Administración Federal de Aviación (FAA), el Departamento de Defensa (DOD), el Departamento de Vivienda y Desarrollo Urbano (HUD), la Administración de Veteranos (VA) y la Agencia de Protección Ambiental (EPA).

## Directrices federales de compatibilidad del uso del suelo

### Directrices FAA-DOD

En 1964, la Administración Federal de Aviación (FAA) y el Departamento de Defensa de EE.UU. (DOD) publicaron documentos similares en los que se establecían directrices para ayudar a los planificadores del uso del suelo en zonas sometidas al ruido de los aviones procedentes de aeropuertos cercanos. Estas directrices, presentadas en la **Tabla 1**, establecen tres zonas y las respuestas esperadas al ruido de

**TABLA 1**

### Tabla para estimar la respuesta de las comunidades expuestas al ruido de aviones Directrices FAA-DOD de 1964

Nivel de ruido	ZONA	Descripción de la respuesta esperada
Menos de 65 DNL	1	No se esperan quejas. Sin embargo, el ruido puede interferir ocasionalmente con ciertas actividades de los residentes.
65 a 80 DNL	2	Los individuos pueden quejarse, quizás enérgicamente. Es posible una acción colectiva concertada.
Más de 80 DNL	3	Es probable que las acciones individuales incluyan quejas repetidas y enérgicas. Cabe esperar una acción colectiva concertada. complaints. Concerted group action might be expected.

Fuente: U.S. DOD 1964. Citado en Kryter 1984, p. 616

los aviones por parte de los residentes de cada zona. En la Zona 1, las zonas expuestas a un ruido inferior a 65 DNL, no se esperan prácticamente quejas, aunque el ruido puede ser una molestia ocasional. En la Zona 2, áreas expuestas a ruidos entre 65 y 80 DNL, los individuos pueden quejarse, quizás enérgicamente. En la zona 3, por encima de 80 DNL, es probable que se produzcan quejas enérgicas y cabe esperar una acción colectiva concertada.

### Directrices HUD

El Departamento de Vivienda y Desarrollo Urbano de EE.UU. (HUD) publicó por primera vez en 1971 los

requisitos de evaluación del ruido para valorar la aceptabilidad de los emplazamientos para la ayuda a la vivienda. Estos requisitos contenían normas para los niveles de ruido exterior, junto con políticas para la aprobación de proyectos de vivienda apoyados o asistidos por el HUD en zonas de alto ruido. En general, los requisitos establecían tres zonas: una zona aceptable en la que podían aprobarse todos los proyectos, una zona normalmente inaceptable en la que se exigirían medidas de mitigación y en la que cada proyecto tendría que ser evaluado individualmente para su aprobación o denegación, y una zona inaceptable en la que, por regla general, no se aprobarían proyectos.

En 1979, el HUD publicó una normativa revisada que mantenía las mismas normas básicas, pero adoptaba nuevos sistemas de descriptores que se consideraban avanzados con respecto al antiguo sistema. La **Tabla 2** resume los requisitos revisados del HUD.

### Directrices de la Administración de Veteranos

La Administración de Veteranos ha establecido políticas y procedimientos para la tasación y aprobación de préstamos VA relativos a propiedades residenciales situadas cerca de los principales aeropuertos civiles y bases aéreas militares. La normativa de la agencia, contenida en M26-2, Cambio 15, establece que "la VA debe reconocer la posible inadecuación para uso residencial de determinadas



TABLA 2

## Exposición del emplazamiento al ruido de aviones Requisitos del HUD de 1979

Categoría aceptable	Nivel sonoro medio día-noche	Aprobaciones y requisitos especiales
Aceptable	No superior a 65 dB	Ninguno
Normalmente inaceptable	Superior a 65 dB pero no superior a 75 dB	Autorizaciones especiales, examen ambiental, atenuación
Inaceptable	Superior a 75 dB	Autorizaciones especiales, examen ambiental, atenuación

Fuente: U.S. HUD 1979

propiedades y el probable efecto adverso sobre la habitabilidad y/o el valor de las viviendas situadas en las proximidades de los principales aeropuertos y bases aéreas. Tales efectos adversos pueden deberse a diversos factores, entre ellos la intensidad del ruido". La **Tabla 3** contiene las zonas de ruido de la VA y los requisitos y limitaciones de desarrollo asociados.

**Directrices EPA**

La Agencia de Protección del Medio Ambiente de EE.UU. publicó en 1974

un documento en el que sugería unos niveles máximos de exposición al ruido para proteger la salud pública con un margen de seguridad adecuado. Estos niveles se muestran en la **Tabla 4** de la página siguiente. Señalan que el riesgo de pérdida de audición puede llegar a ser preocupante con una exposición a ruidos superiores a 74 DNL. La interferencia con las actividades al aire libre puede convertirse en un problema con niveles de ruido superiores a 55 DNL. La interferencia con las actividades residenciales interiores puede convertirse en un problema con niveles de ruido interior superiores a 45 DNL. Si suponemos que

la construcción estándar atenúa el ruido en unos 20 decibelios, con puertas y ventanas cerradas, esto corresponde a un nivel de ruido exterior de 65 DNL.

**Comité Federal Interinstitucional sobre Ruido Urbano**

En 1979, se creó el Comité Federal Interinstitucional sobre Ruido Urbano (FICUN), que incluía a representantes de la Agencia de Protección del Medio Ambiente, el Departamento de Transporte, el Departamento de Vivienda y Desarrollo Urbano, el Departamento de Defensa y la Administración de Veteranos, para coordinar diversos programas federales relacionados con la promoción de un desarrollo compatible con el ruido. En 1980, el Comité publicó un informe que contenía directrices detalladas de compatibilidad del uso del suelo para distintos niveles de ruido DNL (FICUN 1980). El trabajo del Comité Interinstitucional fue muy importante, ya que reunió por primera vez a todas las agencias federales con una implicación directa en cuestiones de compatibilidad acústica y forjó un consenso general sobre la compatibilidad del uso del suelo para el análisis del ruido en proyectos federales.

TABLA 3

Directrices sobre ruido de la Administración de Veteranos  
23 de noviembre de 1992

Zona de ruido	CNR (Clasificación de ruido compuesto)	NEF (Previsiones de exposición al ruido)	DNL (Ruido diurno/nocturno)
1	Menos de 100	Menos de 30	Menos de 65
2	100-115	30-40	65-75
3	Más de 115	Más de 40	Menos de 65

Limitaciones específicas:

- Las propiedades propuestas o existentes situadas en la Zona 1 son generalmente aceptables como garantía para los préstamos garantizados por la VA.
- Las construcciones propuestas que se ubiquen en la Zona 2 se aceptarán siempre y cuando:
  - Se incorporen elementos de atenuación acústica en la vivienda para reducir el DNL interior de la unidad habitable a 45 decibelios o menos.
  - Existan pruebas de la aceptación de la subdivisión en el mercado.
  - El veterano-comprador firma una declaración que indica su conocimiento de que 1) la propiedad que se compra está situada en una zona adyacente a un aeropuerto, y 2) el ruido de los aviones puede afectar a la habitabilidad normal, el valor y la comerciabilidad de la propiedad.
- Las subdivisiones propuestas situadas en la Zona 3 no son generalmente aceptables. La única excepción es una situación en la que la VA haya aprobado previamente una subdivisión en la zona 3. En tales casos, la VA seguirá adelante con la aprobación. En tales casos, la VA seguirá tramitando las solicitudes de préstamo siempre que se cumplan los requisitos de la tabla 2 anterior.
- Las viviendas existentes en las zonas 2 y 3 no se rechazarán debido a la influencia del aeropuerto si existen pruebas de aceptación por parte de un veterano plenamente informado.

**TABLA 4**

**Resumen de los niveles de ruido identificados como necesarios para proteger la salud y el bienestar públicos con un margen de seguridad adecuado - Directrices EPA de 1974**

Efecto	Nivel	Área
Pérdida de audición	75 DNL and above	Todas las áreas
Interferencias y molestias por actividades al aire libre	55 DNL and above	Al aire libre en áreas residenciales y granjas y otras áreas al aire libre en las que las personas pasan cantidades de tiempo muy variables y otros lugares en los que la tranquilidad es una base de uso.
	59 DNL and above	Áreas al aire libre donde las personas pasan cantidades limitadas de tiempo, como los años escolares, los parques infantiles, etc.
Interferencias y molestias por actividades en interiores	45 DNL and above	Áreas residenciales interiores
	49 DNL and above	Otras áreas con actividades humanas, como escuelas, etc.

Nota: Todos los valores Leq del documento de la EPA fueron convertidos por la FAA a DNL para facilitar la comparación ( $DNL=L_{eq}(24) + 4$  dB). Fuente: U.S. EPA 1974. Citado en FAA 1977a, p. 26.

Las directrices interinstitucionales describen el contorno de 65 DNL como el umbral de impacto significativo para los usos residenciales del suelo y una serie de instituciones sensibles al ruido (como hospitales, residencias de ancianos, escuelas, actividades culturales,

auditorios y salas de música al aire libre). Dentro del intervalo de contorno de 55 a 65 DNL, las directrices señalan que se tuvieron en cuenta factores de costo y viabilidad a la hora de definir el desarrollo residencial y varias de las instituciones como compatibles. En otras palabras, las directrices no se basan únicamente en

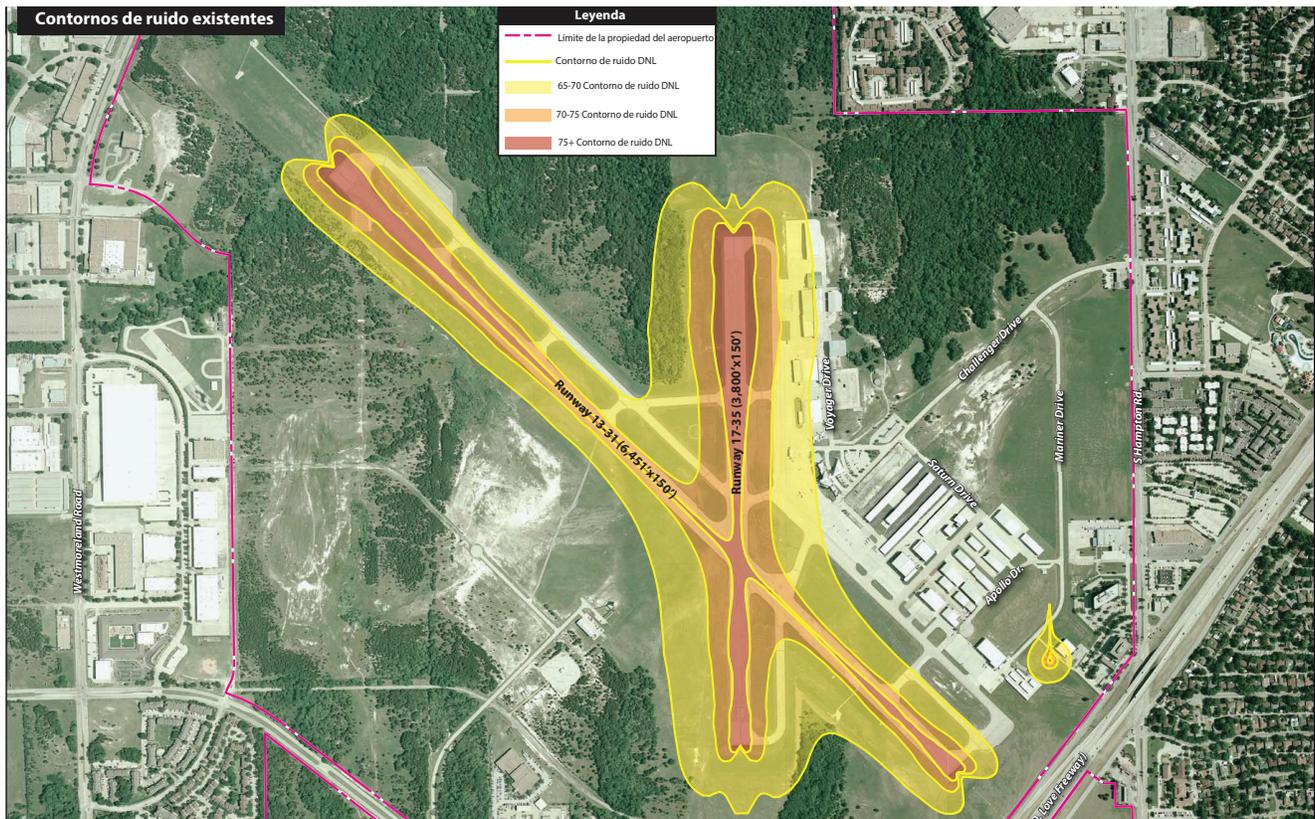
los efectos del ruido. También tienen en cuenta el costo y la viabilidad del control del ruido.

**14 CFR Parte 150 Directrices**

La FAA adoptó una versión revisada y simplificada de las directrices FICUN cuando promulgó el Título 14, Parte 150 del Código de Reglamentos Federales a principios de la década de 1980. (La norma provisional se adoptó el 19 de enero de 1981. La norma final se adoptó el 13 de diciembre de 1984, se publicó en el Registro Federal el 18 de diciembre y entró en vigor el 18 de enero de 1985). Entre los cambios introducidos por la FAA se incluye un sistema de clasificación del uso del suelo más tosco y la supresión de toda referencia a la posibilidad de que se produzcan impactos sonoros por debajo del nivel 65 DNL.

Sin embargo, la determinación de la compatibilidad de diversos usos del suelo con diversos niveles de ruido es muy similar a las determinaciones del FICUN.

El **anexo A** (en la página siguiente) enumera las directrices de compatibilidad de usos del suelo de la Parte 150. Sólo se trata de directrices. La Parte 150



## Parte 150 Directrices de compatibilidad acústica

Uso del terreno		NIVEL SONORO ANUAL DNL (DECIBELIOS)					
		< 65	65-70	70-75	75-80	80-85	> 85
<b>Residencial</b>							
	Residencial, exceptuando casas rodantes y alojamientos transitorios	Y	N <sup>1</sup>	N <sup>1</sup>	N	N	N
	Parques de casas rodantes	Y	N	N	N	N	N
	Alojamientos transitorios	Y	N <sup>1</sup>	N <sup>1</sup>	N <sup>1</sup>	N	N
<b>Uso público</b>							
	Colegios	Y	N <sup>1</sup>	N <sup>1</sup>	N	N	N
	Hospitales y centros de cuidados	Y	25	30	N	N	N
	Iglesias, auditorios y salas de conciertos	Y	25	30	N	N	N
	Servicios públicos	Y	Y	25	30	N	N
	Transporte	Y	Y	Y <sup>2</sup>	Y <sup>3</sup>	Y <sup>4</sup>	Y <sup>4</sup>
	Estacionamiento	Y	Y	Y <sup>2</sup>	Y <sup>3</sup>	Y <sup>4</sup>	N
<b>Uso comercial</b>							
	Oficinas, negocios y actividades profesionales	Y	Y	25	30	N	N
	Comercio mayorista y minorista, materiales de construcción, ferretería y maquinaria agrícola	Y	Y	Y <sup>2</sup>	Y <sup>3</sup>	Y <sup>4</sup>	N
	Comercio minorista general	Y	Y	25	30	N	N
	Servicios públicos	Y	Y	Y <sup>2</sup>	Y <sup>3</sup>	Y <sup>4</sup>	N
	Comunicación	Y	Y	25	30	N	N
<b>Manufactura y producción</b>							
	Manufactura en general	Y	Y	Y <sup>2</sup>	Y <sup>3</sup>	Y <sup>4</sup>	N
	Fotografía y óptica	Y	Y	25	30	N	N
	Agricultura (excepto ganadería) y silvicultura	Y	Y <sup>6</sup>	Y <sup>7</sup>	Y <sup>8</sup>	Y <sup>8</sup>	Y <sup>8</sup>
	Ganadería y cría de ganado	Y	Y <sup>6</sup>	Y <sup>7</sup>	N	N	N
	Minería y pesca, producción y extracción de recursos	Y	Y	Y	Y	Y	Y
<b>Recreativo</b>							
	Campos deportivos al aire libre y deportes para espectadores	Y	Y <sup>5</sup>	Y <sup>5</sup>	N	N	N
	Conchas de música al aire libre, anfiteatros	Y	N	N	N	N	N
	Exposiciones de naturaleza y zoológicos	Y	Y	N	N	N	N
	Parques de atracciones, parques, complejos turísticos y campamentos	Y	Y	Y	N	N	N
	Campos de golf, establos y actividades acuáticas	Y	Y	25	30	N	N

\*Nota: Los números entre paréntesis hacen referencia a las notas al final de la exhibición.

Las designaciones contenidas en esta tabla no constituyen una determinación federal de que cualquier uso de la tierra cubierta por el programa sea aceptable o inaceptable según la ley federal, estatal o local. La responsabilidad de determinar los usos de tierra aceptables y permitidos, así como la relación entre propiedades específicas y contornos de ruido específicos, recae en las autoridades locales. Las determinaciones de la FAA bajo el Título 14 del Código de Regulaciones Federales (Parte 150, Título 14, CRF) no tienen la intención de reemplazar los usos de tierra determinados a nivel federal por aquellos que las autoridades locales consideren apropiados en respuesta a necesidades y valores determinados localmente para lograr usos de tierra compatibles con el ruido.

establece explícitamente que las determinaciones de compatibilidad acústica y la regulación de los usos del suelo son responsabilidades puramente locales.

## Directrices estatales de compatibilidad de usos del suelo seleccionadas

### Estado de Oregón

La Norma de Planificación Aeroportuaria (APR) del estado de Oregón establece una serie de requisitos y normas para los gobiernos locales en relación con la planificación de las instalaciones de aviación. Estos requisitos pretenden promover la compatibilidad del uso del suelo alrededor de los aeropuertos, así como promover un sistema conveniente y económico de aeropuertos en el estado. Para ayudar a los gobiernos locales y a los aeropuertos a cumplir los requisitos de la APR, el Departamento de Aviación de Oregón publicó en enero de 2003 la Guía de compatibilidad del uso del suelo en los aeropuertos.

Las directrices de Oregón contenidas en la guía, en lo que se refiere a la compatibilidad del uso del suelo en torno a los aeropuertos, se basan en la normativa administrativa del Departamento de Calidad Medioambiental, adoptada por la Comisión de Calidad Medioambiental de Oregón en 1979 (Normas Administrativas de Oregón, Capítulo 340, División 35, Sección 45). Aunque la FAA considera significativos los contornos de 65 DNL y superiores, el estado de Oregón considera significativos los contornos de 55 y 60 DNL. El estado reconoce que, en algunos casos, los controles y restricciones de uso del suelo que se aplican a los 65 DNL pueden ser adecuados para su aplicación a zonas afectadas por niveles de ruido superiores a 55 DNL. Por ejemplo, una zona rural expuesta a niveles de ruido de 55 a 65 DNL puede verse más afectada por estos niveles que una zona urbana. Esto se debe a que suele haber un mayor nivel de ruido de fondo asociado a una zona urbana (Oregón 2003). Los aeropuertos de las compañías aéreas están obligados a realizar estudios que definan el límite de impacto del aeropuerto, correspondiente al contorno de 55 DNL.



Si dentro del límite de impacto acústico hay alguna propiedad sensible al ruido, el aeropuerto debe desarrollar un programa de reducción del ruido.

Un programa de reducción del ruido en un aeropuerto de Oregón puede incluir muchas recomendaciones diferentes para promover la compatibilidad del uso del suelo. Entre ellas se incluyen cambios en la planificación del uso del suelo, la zonificación y los códigos de construcción dentro del contorno de 55 DNL. Además, puede exigirse la divulgación de los impactos potenciales del ruido y puede permitirse la compra de terrenos para usos públicos no sensibles al ruido dentro del contorno de 55 DNL.

Dentro del contorno de 65 DNL, se permite la garantía de compra, la reubicación voluntaria, el insonorización y la compra de terrenos.

### Estado de California

La legislación de California fija en 65 CNEL el nivel aceptable de ruido de los aviones para las personas que residen cerca de los aeropuertos (Código de Reglamentos de California, Título 21, División 2.5, Capítulo 6). El criterio de 65 CNEL se eligió para zonas residenciales urbanas en las que las casas son de construcción típica con las ventanas parcialmente abiertas. Cuatro tipos de usos del suelo se definen como incompatibles con ruidos superiores a 65 CNEL: residencias, escuelas, hospitales y centros de convalecencia, y lugares de culto. Estos usos del suelo se consideran compatibles si se han aislado para garantizar un nivel sonoro interior;

respecto al ruido de los aviones, de 45 CNEL. También se considerarán compatibles si el operador del aeropuerto ha obtenido una servidumbre de paso sobre la propiedad.

Las normas de aislamiento acústico de California se aplican a los nuevos hoteles, moteles, edificios de apartamentos y otras viviendas, sin incluir las viviendas unifamiliares aisladas. Exigen que "los niveles de ruido interior atribuibles a fuentes exteriores no superen los 45 decibelios (según la métrica DNL o CNEL) en ninguna habitación habitable". Además, cualquiera de estas estructuras residenciales propuestas dentro de un contorno de ruido de 60 CNEL requiere un análisis acústico para demostrar que el diseño propuesto cumplirá la norma de nivel de ruido interior permitido. (Código de Reglamentos de California, Título 24, Parte 2, Apéndice Capítulo 35.)

En el Manual de planificación del uso del suelo en aeropuertos de California (Caltrans actualizado en 2011), se sugieren directrices de compatibilidad del uso del suelo para su uso en la preparación de planes integrales de uso del suelo en aeropuertos. Las directrices establecen que los 65 dB no son aceptables para la mayoría de los nuevos desarrollos. Sin embargo, puede ser aceptable en ubicaciones urbanas ruidosas y/o en climas cálidos donde la mayoría de los edificios utilizan aire acondicionado. Los 60 dB son adecuados para nuevos desarrollos o climas suaves en los que las ventanas se dejan abiertas con frecuencia. En los

*“La Parte 150 establece explícitamente que las determinaciones de compatibilidad acústica y la regulación de los usos del suelo son responsabilidades puramente locales”*



aeropuertos rurales, se señala que 55 CNEL puede ser adecuado como nivel de ruido máximo admisible para usos residenciales.

Estas directrices son similares a las propuestas en ediciones anteriores del Manual de planificación del uso del suelo en aeropuertos. Sin embargo, el manual de 2002 proporciona una orientación mucho más definitiva para la planificación del uso compatible del suelo alrededor de los aeropuertos.

### Estado de Florida

En 1990, el estado de Florida aprobó una ley por la que se creaba la Comisión de Estudio de la Seguridad Aeroportuaria y la Compatibilidad del Uso del Suelo. El cometido de esta comisión era garantizar que los aeropuertos de Florida tuvieran capacidad para acoger el crecimiento futuro sin poner en peligro la salud, la seguridad y el bienestar públicos. Una de las recomendaciones de la Comisión fue exigir al Departamento de Transporte de Florida (FDOT) que estableciera directrices sobre el uso compatible del suelo en torno a los aeropuertos. En 1994, el FDOT respondió a esta recomendación publicando un documento orientativo titulado Guía de uso del suelo compatible con aeropuertos para las comunidades de Florida (actualizado en diciembre de 2012).

Como parte de las conclusiones de este documento, se recomendó que todos los aeropuertos de servicios comerciales, o aeropuertos con un número significativo de operaciones de aviación general, establecieran un programa de planificación de compatibilidad acústica de acuerdo con las disposiciones de la Parte 150. Todas las comunidades situadas en el entorno del aeropuerto deberían participar en la preparación de este programa. Se solicitó que cada gobierno local prohibiera nuevos desarrollos residenciales y otros usos sensibles al ruido para áreas dentro del contorno de 65 DNL. En la medida de lo posible, el nuevo desarrollo residencial debería limitarse a las zonas situadas en el contorno de 55 DNL. En la actualidad, muchas

comunidades utilizan 55 DNL para restringir el desarrollo sensible al ruido.

### Estado de Wisconsin

La Ley 114.136 del Estado de Wisconsin se estableció para otorgar a los gobiernos locales la autoridad para regular los usos del suelo en un radio de tres millas de los límites del aeropuerto. Estos controles de uso del suelo sustituyen a cualquier otro límite de zonificación aplicable por otras jurisdicciones que puedan aplicarse a la zona que rodea el aeropuerto. Para ayudar a los aeropuertos con el desarrollo de controles de uso del suelo, el Departamento de Transporte de Wisconsin (WisDOT) publicó un documento titulado Guía de uso del suelo en aeropuertos de Wisconsin (con fecha de 1 de junio de 2011). Dentro de la guía de planificación del uso del suelo se presentan diversas herramientas de uso del suelo, como servidumbres de aviación, zonas de superposición de ruido, zonificación de altura y peligro, y reglamentos de subdivisión. WisDOT ha reconocido que los tipos de usos del suelo compatibles con el aeropuerto dependen de la ubicación y el tamaño del aeropuerto, así como del tipo y el volumen de aviones que utilizan las instalaciones. El contorno de 65 DNL debe utilizarse como punto de partida para las normativas de uso del suelo, pero deben considerarse contornos inferiores si se considera necesario.

La Ley 136 de Wisconsin de 1985 lleva un paso más allá la Ley estatal 114.136 al exigir a los condados y municipios que representen en mapas oficiales la ubicación de los aeropuertos y las zonas afectadas por las operaciones de



los aviones. La ley también exige que la autoridad de zonificación notifique al propietario del aeropuerto cualquier cambio de zonificación propuesto en los alrededores del aeropuerto.

### Estado de Washington

En 1996 se aprobó el Proyecto de Ley 6442 del Senado del Estado de Washington. Este proyecto de ley exige que todas las ciudades, pueblos y condados que tengan un aeropuerto de aviación general en su jurisdicción desalienten la implantación de usos del suelo incompatibles con las operaciones aeroportuarias. Las políticas de protección de las instalaciones aeroportuarias deben aplicarse en el marco del plan general y la normativa urbanística. Se requiere una consulta formal con la comunidad de aviación y todos los planes deben ser presentados con la División de Aviación del Departamento de Transporte del Estado de Washington (WADOT). Para ayudar a las jurisdicciones a establecer herramientas y reglamentos adecuados de planificación del uso del suelo, WADOT publicó en febrero de 1999 un documento revisado sobre Aeropuertos y Uso Compatible del Suelo. Dentro de este documento de planificación, se anima a las jurisdicciones a trabajar con los aeropuertos para garantizar que el ruido del aeropuerto se tenga en cuenta en las decisiones de uso del suelo para la protección de la salud, la seguridad y el bienestar de sus residentes.

## TENDENCIAS EN LAS DIRECTRICES DE COMPATIBILIDAD DEL USO DEL SUELO

En los últimos años, los ciudadanos activistas, los grupos antirruido y las organizaciones medioambientales han empezado a preocuparse por la insuficiencia de los métodos actuales de evaluación del ruido de los aviones. Una de las preocupaciones es que 65 DNL no representa adecuadamente el verdadero umbral de impacto acústico significativo. Se ha argumentado que el umbral de impacto debería reducirse a 60 o incluso 55 DNL, especialmente en zonas de ruido de fondo bajo y en zonas afectadas por grandes aumentos de ruido (ANR, V. 4, N. 12, p. 91; V. 5, No. 3, p. 21; V. 5, N. 11, p. 82). El objetivo de esta sección es ofrecer una cronología de los acontecimientos que, en conjunto, indican un claro movimiento hacia la consideración de los impactos del ruido aeroportuario por debajo del nivel de 65 DNL.

### 1992

En la sesión de 1992 del Congreso, se presentó un proyecto de ley para reducir el umbral de usos del suelo no compatibles de 65 a 55 DNL (ANR, V. 4, N. 11, p. 83). Sin embargo, el proyecto de ley no se aprobó. En 1995, se presentó un proyecto de ley (HR 1971) en la Cámara de Representantes para exigir al Departamento de Transporte que elaborara un plan para reducir en un 75% el número de personas que residen dentro de los contornos de 60 DNL alrededor de los aeropuertos antes del 1 de enero de 2001 (ANR, V. 7, N. 13, p. 101). Este proyecto de ley tampoco fue aprobado. No obstante, estos hechos indican que la preocupación por el ruido de los aviones por debajo de 65 DNL está cuajando en propuestas específicas para abordar la situación.

También en 1992 concluyó un importante procedimiento de arbitraje entre el Aeropuerto Internacional de Raleigh-Durham y los vecinos del aeropuerto. Los residentes situados entre los contornos de 55 y 65 DNL fueron indemnizados por los daños causados por el ruido. Al parecer, era la primera vez que se concedían

indemnizaciones por daños y perjuicios más allá del contorno de 65 DNL en un aeropuerto nacional (ANR, V. 4, N. 14, p. 107). Aunque, estrictamente hablando, este caso no sienta ningún precedente jurídico, constituye una prueba más de que puede estar cobrando impulso un cambio en la definición del umbral de impacto acústico significativo. Una vez concluido el arbitraje, la Autoridad Aeroportuaria de Raleigh-Durham elaboró un modelo de ordenanza sobre ruido que exigiría que las nuevas viviendas situadas entre los contornos de 55 y 60 DNL estuvieran insonorizadas para lograr una reducción del nivel de ruido exterior-interior de 30 dB. Entre los contornos de 60 y 65 DNL, se exigiría una reducción de 35 dB. El modelo de ordenanza se propuso para uso de los gobiernos locales que ejercen el control del uso del suelo. (Consulte ANR, V. 6, N. 3, p. 17.)

En agosto de 1992, el Comité Federal Interinstitucional sobre el Ruido (FICON 1992) publicó su informe final. El FICON incluía representantes de los Departamentos de Transporte, Defensa, Justicia, Asuntos de Veteranos, Vivienda y Desarrollo Urbano, la Agencia de Protección Ambiental y el Consejo de Calidad Ambiental. El FICON se creó para revisar las políticas federales de evaluación del ruido de los aviones en los estudios medioambientales. El Comité defendió el uso continuado de la métrica DNL como principal medio para evaluar la exposición a largo plazo al ruido de los aviones. Además, reforzó la designación de 65 DNL como

umbral de impacto significativo sobre el uso no compatible del suelo. El FICON reconoció, sin embargo, el potencial de impacto del ruido hasta el nivel de 60 DNL, proporcionando orientación para analizar el ruido entre 60 y 65 DNL en los informes elaborados en virtud de la Ley Nacional de Política Ambiental (NEPA). Esto incluye las evaluaciones ambientales y las declaraciones de impacto ambiental. (No incluye los estudios 14 CFR Parte 150.) FICON ofreció esta explicación para esta acción (FICON 1992, p. 3-5).

Hay varias razones para avanzar en esta dirección en este momento. En primer lugar, la Curva de Schultz (véase el anexo A en la Biblioteca de Recursos Coffman Efectos de la exposición al ruido) reconoce que algunas personas se sentirán muy molestas con niveles de ruido relativamente bajos. Esto se evidencia además en numerosos foros de respuesta pública en los que algunas personas que viven en zonas expuestas a valores DNL inferiores a 65 dB creen que sufren un impacto sustancial (U.S. EPA 1991). En segundo lugar, el Subgrupo Técnico de FICON ha demostrado claramente que los grandes cambios en los niveles de exposición al ruido (del orden de 3 dB o más) por debajo de DNL 65 dB pueden ser percibidos por las personas como una degradación de su entorno acústico. Por último, en la actualidad existen técnicas informáticas que permiten calcular de forma rentable los datos de exposición e impacto del ruido en el rango por debajo de DNL 65 dB.



La recomendación específica del FICON fue la siguiente (FICON 1992, p. 3-5):

Si el análisis de cribado muestra que las zonas sensibles al ruido estarán en o por encima de DNL 65 dB y tendrán un aumento de DNL 1,5 dB o más, debería realizarse un análisis adicional de las zonas sensibles al ruido entre DNL 60-65 dB que tengan un aumento de DNL 3 dB o más debido a la exposición al ruido del aeropuerto propuesta.

FICON recomendó además que si se prevé que alguna zona sensible al ruido entre 60 y 65 DNL tendrá un aumento de 3 DNL o más como resultado de la exposición al ruido del aeropuerto propuesto, deberían incluirse medidas de mitigación para esas zonas (FICON 1992, p. 3-7). Las recomendaciones de FICON representan las primeras directrices uniformes publicadas por el gobierno federal para la consideración de los impactos del ruido de los aviones por debajo del nivel de 65 DNL. En este momento, siguen siendo recomendaciones y no una política oficial.

### 1995

La Administración Federal de Tránsito (FTA) publicó un documento de orientación titulado Evaluación del impacto del ruido y las vibraciones en el tránsito. En este documento, la FTA cita la recomendación de la EPA de 55 DNL para desarrollar su curva de impacto. Además, la FTA afirma que utiliza los criterios de la FAA de 65 DNL para definir su curva de impacto severo.

### 1996

El Instituto Nacional Estadounidense de Normalización (ANSI) recomienda 55 DNL como nivel de criterio para viviendas y usos del suelo sensibles al ruido similares en su informe Cantidades y procedimientos para la descripción y medición de sonidos ambientales de ANSI - Parte 3: Mediciones a corto plazo con un observador presente.

La Organización Internacional para la Cooperación y el Desarrollo Económicos sugiere los siguientes niveles de ruido del



transporte sostenibles desde el punto de vista medioambiental: 55 DNL en zonas urbanas y 50 DNL en zonas rurales.

### 1998

Dentro de la Evaluación del Impacto del Ruido y las Vibraciones en el Transporte Terrestre de Alta Velocidad de la Administración Federal de Ferrocarriles (FRA), se utilizan los mismos criterios empleados por la FTA para evaluar el impacto de los nuevos trenes de alta velocidad.

Ese mismo año, la Junta de Transporte Terrestre (STB) utilizó 55 DNL como umbral de impacto en el Proyecto de Declaración de Impacto Ambiental de la propuesta de adquisición de Conrail por Norfolk Southern Railway Company.

El Grupo del Banco Mundial (WBG) fijó límites de ruido para los proyectos industriales en general con el fin de garantizar que los proyectos que financian, como la fabricación de hierro y acero y las centrales térmicas, no repercutan negativamente en el desarrollo sensible al ruido. El WBG fijó su umbral de impacto en 55 DNL.

### 1999

La Comisión Federal Reguladora de la Energía adopta una revisión de su normativa (Parte 157) que establece que "el ruido atribuible a cualquier nueva estación de compresión, compresión añadida a una estación existente, o

cualquier modificación, mejora o actualización de una estación existente, no debe superar un nivel día-noche (Ldn) de 55 DBA en cualquier zona preexistente sensible al ruido".

Las Directrices sobre el Ruido Comunitario de la Organización Mundial de la Salud recomiendan un umbral diurno de "criterios de molestia" de 55 DNL y un umbral nocturno de 50 DNL para las zonas residenciales.

### 2003

La FAA anuncia la creación del Centro de Excelencia para la Mitigación del Ruido de los Aviones. Este centro de investigación es una asociación entre el mundo académico, la industria de la aviación y el gobierno federal. El Centro se centrará en estudiar qué nivel de ruido se considera significativo, y en las revisiones de las métricas de ruido y los procedimientos operativos alternativos de los aviones que pueden reducir la exposición al ruido.

### 2008

La FAA ha indicado que un cambio para abordar el ruido fuera de DNL 65 será esencial para cumplir tanto los objetivos de capacidad del Sistema de Transporte Aéreo de Próxima Generación como para impulsar el desarrollo de nuevas exigencias sobre ruido en el ámbito internacional. La FAA identificó los siguientes objetivos NextGen:

- Mantener el objetivo actual de reducción anual del 4% en el número de personas expuestas a DNL 65 o más a corto plazo (en comparación con 2000-2002) y lograr una reducción proporcional o mayor del número de personas expuestas a DNL 55-65.
- Lograr mayores reducciones a medio y largo plazo, primero situando DNL 65 principalmente dentro de los límites del aeropuerto y más tarde DNL 55 principalmente dentro de los límites del aeropuerto

## 2010

El programa de Reducción Continua de la Energía, las Emisiones y el Ruido (CLEEN) es el esfuerzo medioambiental fundamental de la FAA para acelerar el desarrollo de nuevas tecnologías de aviones y motores y avanzar en los combustibles alternativos sostenibles para reactores. CLEEN fue el elemento principal de la estrategia NextGen para lograr una protección medioambiental que permitiera un crecimiento sostenible de la industria.

El programa CLEEN II, iniciado en 2015 para continuar los esfuerzos de 2010 para desarrollar y demostrar la tecnología aeronáutica y los combustibles alternativos para reactores, encaja a la perfección con CLEEN.

## Niveles de ruido ambiental

También se han tenido en cuenta los efectos de los niveles de ruido ambiental y su relación con las molestias. La Agencia de Protección del Medio Ambiente de EE.UU. (EPA) ha proporcionado directrices para abordar la cuestión del ruido de fondo y su relación con el ruido de los aviones. La EPA ha determinado que cabe esperar quejas cuando el DNL intruso supera el DNL de fondo en más de 5 decibelios (U.S. EPA 1974). El Departamento de Transporte de California (Caltrans 2000, pp. 7-24-7-25) señala que el nivel de ruido de fondo (ambiental) debe utilizarse para determinar el contorno de ruido de aviones adecuado de importancia. Concretamente, se han realizado ajustes en zonas con niveles de ruido de fondo de 50 a 55 CNEL. En esos casos, los contornos CNEL de los aviones se preparan hasta 55 o 60 CNEL, y los criterios de compatibilidad del uso del suelo se ajustan para aplicarse a esas zonas. El Departamento de Aviación del Estado de Oregón (Oregón 2003) también exige la preparación de contornos de ruido hasta el nivel de 55 DNL. Este contorno de ruido se utiliza para establecer el límite de impacto acústico de los aeropuertos de las compañías aéreas dentro del estado.

*“La diferencia entre el ruido de fondo y el ruido de los aviones está relacionada de algún modo con las percepciones humanas de las perturbaciones acústicas.”*



El Comité Federal Interinstitucional sobre el Ruido (FICON 1992, p. 2-6) examinó la cuestión del ruido de fondo y su relación con las percepciones del ruido de los aviones. Revisó la investigación en

este campo, llegando a la conclusión de que había una base para creer que, además de la magnitud del ruido de los aviones, la diferencia entre el ruido de fondo y el ruido de los aviones estaba relacionada de alguna manera con las

percepciones humanas de las perturbaciones acústicas. Sin embargo, señalaba que no había suficientes datos científicos para proporcionar una orientación autorizada sobre la consideración de estos efectos. FICON abogó por seguir investigando en este ámbito.

## CONCLUSIONES

En este documento se ha presentado información sobre las directrices de compatibilidad del uso del suelo con respecto al ruido. Se pretende que sirva de referencia para el desarrollo de directrices políticas para el 14 CFR, Parte 150 Estudios de compatibilidad acústica.

Existe un consenso sólido y duradero entre diversos organismos gubernamentales de que 65 DNL representa un umbral adecuado para definir los impactos significativos sobre el uso no compatible del suelo. No obstante, tanto la investigación como las pruebas empíricas sugieren que el ruido a niveles



inferiores a 65 DNL suele ser motivo de preocupación. La creciente preocupación por estos niveles inferiores de ruido se ha registrado en foros públicos de todo el país. Las respuestas oficiales de los organismos públicos indican al menos un reconocimiento parcial de estas preocupaciones. De hecho, según muchas agencias y organizaciones, así como en los estados de Oregón, Florida, Wisconsin y California, se aconseja o exige encarecidamente el análisis del ruido aeroportuario y la planificación de la compatibilidad por debajo del nivel de 65 DNL.

En las zonas urbanizadas con niveles de ruido de fondo relativamente elevados, 65 DNL sigue siendo un umbral razonable para definir los impactos del ruido aeroportuario. En las zonas suburbanas y rurales, deben considerarse umbrales de ruido más bajos. Dadas las tendencias nacionales emergentes y la experiencia de muchos aeropuertos, puede ser importante evaluar el ruido de los aviones por debajo de 65 DNL, especialmente en zonas con cantidades significativas de suelo no urbanizable donde la planificación de la compatibilidad del uso del suelo todavía es posible. La planificación futura en las zonas no urbanizadas alrededor de los aeropuertos debe reconocer que la definición de los umbrales críticos de ruido está en proceso de transición. Al establecer un curso prudente para el futuro uso del suelo cerca de los aeropuertos, los planificadores y los responsables políticos deben tratar de anticiparse a estos cambios.

## Referencias

ANR (Airport Noise Report), selected issues, Ashburn, VA.

ANSI 1980. Sound Level Descriptors for Determination of Compatible Land Use. American National Standards Institute, ANSI S3.23 - 1980 (ASA 22-1980).

Caltrans 1983. Airport Land Use Planning Handbook - A Reference and Guide for Local Agencies. Prepared for California Department of Transportation, Division of Aeronautics by the Metropolitan Transportation Commission and the Association of Bay Area Governments, July 1983.

Caltrans 1993. Airport Land Use Planning Handbook. Prepared for California Department of Transportation, Division of Aeronautics by Hodges & Shutt, Santa Rosa, California, in association with Flight Safety Institute; Chris Hunter & Associates; and University of California, Berkeley, Institute of Transportation Studies, December 1993.

FAA 1977a. Impact of Noise on People. U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, May 1977.

FAA 1977b. Airport Land Use Compatibility Planning, AC 150/5050-6. U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, Washington, D.C.

FICON 1992. Federal Agency Review of Selected Airport Noise Analysis Issues. Federal Interagency Committee on Noise, Washington, D.C.

FICUN 1980. Guidelines for Considering Noise in Land Use Planning and Control. Federal Interagency Committee on Urban Noise, Washington, D.C.

Finegold, L.S. et al. 1992. "Applied Acoustical Report: Criteria for Assessment of Noise Impacts on People" Submitted to Journal of Acoustical Society of America. June 1992. Cited in FICON 1992.

Kryter, K.D. 1984. Physiological, Psychological, and Social Effects of Noise, NASA Reference Publication 1115.

ODOT 1981. Airport Compatibility Guidelines, Oregon Aviation System Plan, Volume VI, Oregon Department of Transportation, Aeronautics Division, Salem.

Richards, E.J. and J.B. Ollerhead, 1973. "Noise Burden Factor - A New Way of Rating Noise, Sound and Vibration," Vol. 7, No. 12, December.

Schultz, T.J. and McMahon, N.M. 1971. HUD Noise Assessment Guidelines. Report No. HUD TE/NA 171, August 1971. (Available from NTIS as PB 210 590.)

U.S. DOD 1964. Land Use Planning with Respect to Aircraft Noise. AFM 86-5, TM 5-365, NAVDOCKS P-98, U.S. Department of Defense, October 1, 1964. (Available from DTIC as AD 615 015.)

U.S. EPA 1974. Information on Levels of Environmental Noise Requisite to Protect Health and Welfare with an Adequate Margin of Safety. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Noise Abatement and Control, Washington, D.C., March 1974.

U.S. EPA 1991. A Review of Recent Public Comments on the Application of Aircraft Noise Descriptors. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Noise Abatement and Control, Washington, D.C. Cited in FICON 1992

AIRPORT COOPERATIVE RESEARCH PROGRAM, Report 27, Enhancing Airport Land Use Compatibility, Volume 1: Land Use Fundamentals and Implementation Resources, 2010

AIRPORT COOPERATIVE RESEARCH PROGRAM, Synthesis 16, Compilation of Noise Programs in Areas Outside DNL 65, 2009



## MEDICIÓN Y ANÁLISIS DEL SONIDO

El sonido es energía, energía que transmite información al oyente. Aunque la medición de esta energía es un ejercicio técnico sencillo, la descripción de la energía sonora de manera que tenga sentido para las personas es compleja. Este TIP explica algunos de los principios básicos de la medición y el análisis del sonido.

### RUIDO - SONIDO NO DESEADO

El ruido suele definirse como un sonido no deseado. Por ejemplo, el rock and roll del equipo de música de la residente del apartamento 3A es música para sus oídos, pero es un ruido intolerable para el vecino del 3B. Se podría pensar que cuanto más fuerte sea el sonido, más probable es que se considere ruido. Esto no es necesariamente cierto. En nuestro ejemplo, la residente del apartamento 3A está seguramente expuesta a niveles sonoros más altos que su vecino del 3B, y sin embargo considera que el sonido es agradable mientras que el vecino lo considera "ruido". Aunque es posible medir objetivamente el nivel sonoro, caracterizarlo como "ruido" es un juicio subjetivo.

La caracterización de un sonido como "ruido" depende de muchos factores, como el contenido informativo del sonido, la familiaridad del sonido, el control de una persona sobre el sonido y la actividad de una persona en el momento en que se oye el sonido.

### MEDICIÓN DEL SONIDO

La capacidad de una persona para oír un sonido depende de su carácter en comparación con todos los demás sonidos del entorno. Hay tres características del sonido a las que las personas responden que pueden medirse objetivamente: la magnitud o intensidad, el espectro de frecuencias y la variación temporal del sonido.

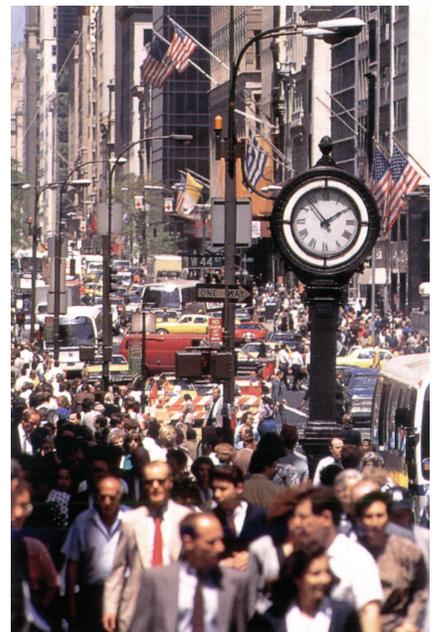
### SONORIDAD

La unidad utilizada para medir la magnitud del sonido es el decibelio. Los decibelios se utilizan para medir la sonoridad del mismo modo que las "pulgadas" y los "grados" se utilizan para medir la longitud y la temperatura. A diferencia de las escalas lineales de longitud y temperatura, la escala de decibelios es logarítmica. Por definición, un sonido que tiene diez veces la presión sonora cuadrática media del sonido de referencia es 10 decibelios (dB) mayor que el sonido de referencia. Un sonido que tiene 100 veces ( $10 \times 10$  o  $10^2$ ) la presión sonora cuadrática media del sonido de referencia es 20 dB mayor ( $10 \times 2$ ).

La escala logarítmica es conveniente porque las presiones sonoras cuadráticas medias de interés normal se extienden en un rango de 11 trillones a uno. Este enorme número (un "1" seguido de 14 ceros o 1014) se representa mucho más

cómodamente en la escala logarítmica como 140 dB ( $10 \times 14$ ).

El uso de la escala logarítmica de decibelios requiere una aritmética diferente a la que utilizamos con las escalas lineales. Por ejemplo, si dos fuentes de ruido igualmente ruidosas pero independientes operan simultáneamente, la presión sonora media cuadrática medida de ambas fuentes será el doble que la de cualquiera de las fuentes operando sola. Sin embargo, cuando se expresa en la escala de decibelios, el nivel de presión sonora de las fuentes combinadas es sólo 3 dB superior al nivel producido por cualquiera de las fuentes por separado.



Además, si tenemos dos sonidos de diferente magnitud procedentes de fuentes independientes, el nivel de la suma nunca será superior en más de 3 dB al nivel producido por la fuente mayor por sí sola.

Esta ecuación describe las matemáticas de la suma de niveles sonoros:

$$S_t = 10 \log \sum 10^{S_i/10}$$

donde  $S_t$  es el nivel sonoro total, en decibelios, y  $S_i$  es el nivel sonoro de las fuentes individuales.

También existe un proceso de suma más sencillo, que se utiliza a menudo cuando no se requiere un nivel de precisión inferior a un decibelio. La **Tabla 1** enumera los factores aditivos aplicables a la diferencia entre los niveles sonoros de dos fuentes.

Los valores de ruido que deben sumarse deben ordenarse de menor a mayor. El factor aditivo derivado de la diferencia entre el nivel de ruido más bajo y el siguiente más alto debe añadirse al nivel más alto. A la derecha se muestra un ejemplo.

Las matemáticas logarítmicas también producen resultados interesantes cuando se promedian niveles sonoros. Como muestra el siguiente ejemplo, los niveles sonoros más altos son los que dominan el proceso de promediado. En el ejemplo, se promedian dos niveles sonoros de igual duración. Uno es de 100 dB; el otro, de 50 dB. El resultado no es 75, como sería con matemáticas lineales, sino 97 dB. Esto se debe a que 100 dB contienen 100.000 veces más energía sonora que 50 dB.

Otro atributo interesante del sonido es la percepción humana de la sonoridad. Los científicos que investigan la audición humana han determinado que la mayoría de las personas perciben un aumento de 10 dB en la energía del sonido en un rango de frecuencias determinado como, aproximadamente, una duplicación de la sonoridad. Recordando la naturaleza logarítmica de la escala de decibelios, esto significa que la mayoría de las personas perciben un aumento de diez veces en la energía sonora como un aumento de

**TABLE 1**

**ADDITIVE FACTORS FOR SUMMATION OF TWO SOUND TYPES**

Diferencia de nivel sonoro (dB)	Suma al nivel mayor (dB)	Diferencia de nivel sonoro (dB)	Suma al nivel mayor (dB)
0	3.0	8	0.6
1	2.5	9	0.5
2	2.1	10	0.4
3	1.8	12	0.3
4	1.5	14	0.2
5	1.2	16	0.1
6	1.0	> 16	0
7	0.8		

Fuente HUD 1985, p. 51

dos veces en la sonoridad (Kryter 1984, p. 188). Además, al comparar sonidos en el mismo rango de frecuencias, la mayoría de las personas no pueden distinguir entre sonidos que varían en menos de dos o tres decibelios.

El **anexo A** presenta ejemplos de varias fuentes de ruido a distintos niveles, comparando la escala de decibelios con la energía sonora relativa y la percepción humana de la sonoridad. En el anexo, se toman 60 dB como nivel sonoro de referencia o "normal". Un sonido de 70 dB, que implica diez veces la energía sonora, se percibe como el doble de fuerte. Un sonido de 80 dB contiene 100 veces la energía sonora y se percibe cuatro veces más fuerte que uno de 60 dB. Del mismo modo, un sonido de 50 dB contiene diez veces menos energía sonora que uno de 60 dB y se percibe la mitad de alto.

## PONDERACIÓN DE FRECUENCIAS

Dos sonidos con el mismo nivel de presión sonora pueden "sonar" de forma muy diferente (por ejemplo, un estruendo frente a un silbido) debido a las distintas distribuciones de la energía sonora en la gama de frecuencias audibles. La distribución de la energía sonora en función de la frecuencia se conoce como "espectro de frecuencias". El espectro es importante para medir el sonido porque el oído humano es más sensible a los sonidos en unas frecuencias que en otras. Las personas oyen mejor en la gama de frecuencias de 1.000 a 5.000 ciclos por segundo (hercios) que a frecuencias mucho más bajas o altas. Si se quiere medir la magnitud de un sonido de forma que sea proporcional a su percepción por un humano, es necesario ponderar más la parte del espectro de energía sonora que los humanos oyen con más facilidad.

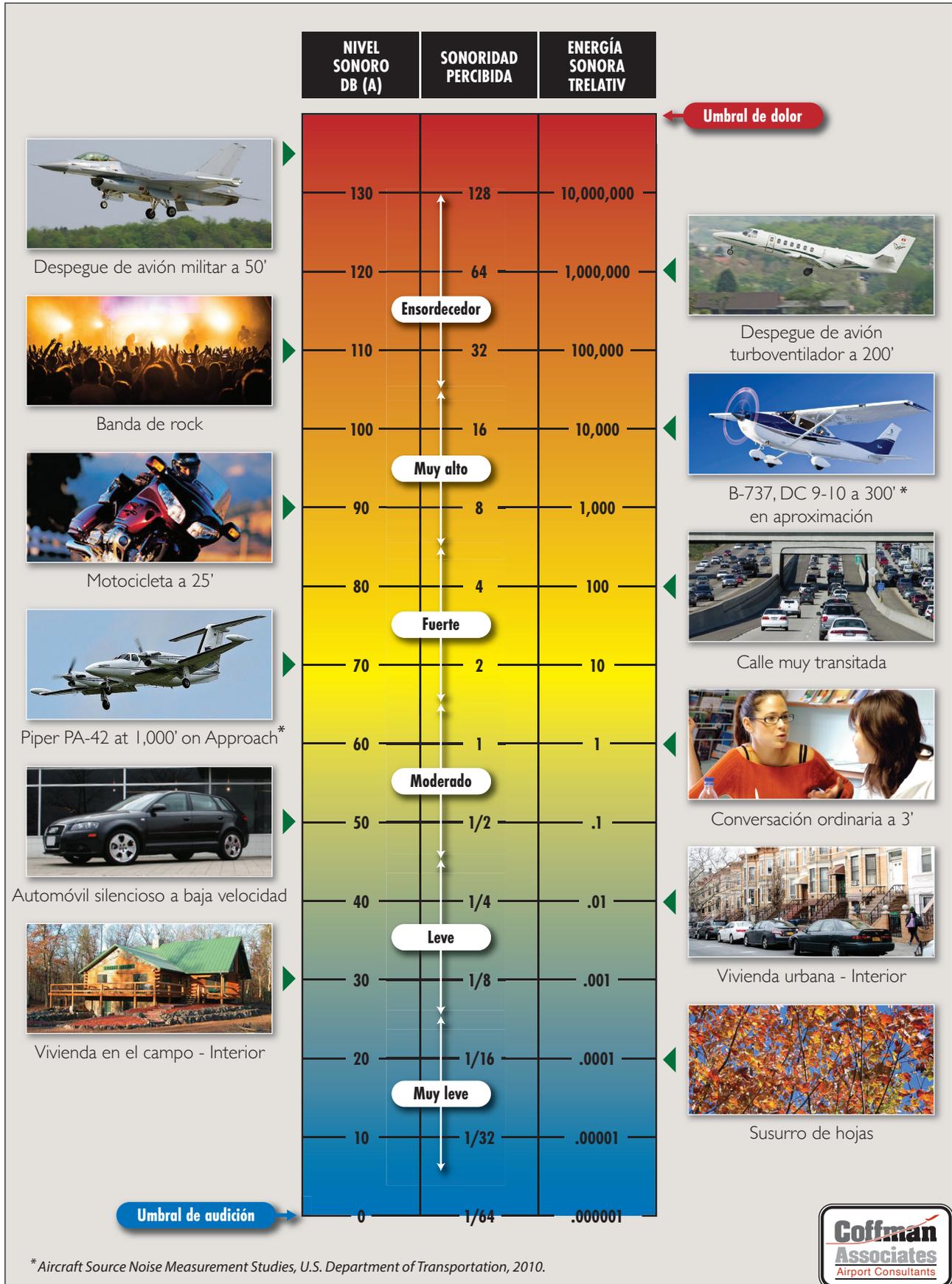
### Ejemplo de suma de niveles sonoros

$$\begin{array}{l}
 59.0 \text{ dB} \\
 60.0 \text{ dB} \\
 66.5 \text{ dB}
 \end{array}
 \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \text{ Sumar } 2.5 \text{ to } 60 = 62.5$$

$$\left. \begin{array}{l} 62.5 \\ 66.5 \end{array} \right\} \text{ Sumar } 1.5 \text{ to } 66.5 = 68$$


---


$$59 \text{ dB} + 60 \text{ dB} = 66.5 \text{ dB} = 68 \text{ dB}$$





A lo largo de los años, se han desarrollado muchas escalas diferentes de medición del sonido, incluida la escala de ponderación A (y también las escalas de ponderación B, C, D y E). La ponderación A, desarrollada en la década de 1930, es la escala más utilizada para aproximar el espectro de frecuencias al que son sensibles los seres humanos. Debido a su universalidad, fue adoptada por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de EE.UU. y otras agencias gubernamentales para la descripción del sonido en el medio ambiente.

El valor cero de la escala de ponderación A es la presión de referencia de 20 microneutons por metro cuadrado (o micropascales). Este valor se aproxima a la presión sonora más pequeña que puede detectar un ser humano. El nivel sonoro medio de un susurro a 1 metro de distancia es de 40 dB; el de una voz normal a 1 metro es de 57 dB; el de un grito a 1 metro es de 85 dB; y el umbral del dolor es de 130 dB.

## VARIACIÓN TEMPORAL DEL NIVEL SONORO

En general, la magnitud del sonido en el entorno varía aleatoriamente con el tiempo. Por supuesto, hay muchas excepciones. Por ejemplo, el sonido de una cascada es constante con el tiempo, al igual que el sonido del aire acondicionado de una habitación o el sonido en el interior de un coche o un avión que circula a velocidad constante. Pero, en la mayoría de los lugares, la intensidad del sonido exterior cambia constantemente

porque está influenciada por sonidos procedentes de muchas fuentes.

Aunque la variación continua de los niveles sonoros puede medirse, registrarse y presentarse, las comparaciones de sonidos en diferentes momentos o lugares son muy difíciles si no se reduce la variación temporal. Una forma de hacerlo es calcular el valor de un sonido en estado estacionario que contenga la misma cantidad de energía sonora que el sonido variable en el tiempo considerado. Este valor se conoce como nivel sonoro equivalente ( $L_{eq}$ ). Una ventaja importante de la métrica  $L_{eq}$  es que se correlaciona bien con los efectos del ruido en los seres humanos. Basándose en la investigación, los científicos han formulado la "regla de igual energía". Se trata de la energía sonora total percibida por un ser humano que tiene en cuenta los efectos del sonido sobre la persona. En otras palabras, un ruido muy fuerte que dure poco tiempo tendrá el mismo efecto que un ruido más suave que dure más tiempo si la energía total de ambos eventos sonoros (el valor  $L_{eq}$ ) es la misma.

## DESCRIPTORES CLAVE DEL SONIDO

Existen cuatro descriptores o métricas útiles para cuantificar el sonido. Todos se basan en la escala logarítmica de decibelios (dB) e incorporan la ponderación A para tener en cuenta la respuesta en frecuencia del oído.

### Nivel sonoro

El nivel sonoro ( $L$ ) en decibelios es la cantidad que se lee en un sonómetro

ordinario. Fluctúa con el tiempo siguiendo las fluctuaciones de la magnitud del sonido. Su valor máximo ( $L_{max}$ ) es uno de los descriptores utilizados a menudo para caracterizar el sonido de un avión en vuelo. Sin embargo,  $L_{max}$  sólo indica la magnitud máxima de un sonido, no transmite ninguna información sobre su duración. Evidentemente, si dos sonidos tienen el mismo nivel sonoro máximo, el sonido que dure más tiempo causará más interferencias con la actividad humana.

### Nivel de exposición al sonido

Tanto la sonoridad como la duración se incluyen en el nivel de exposición sonora (SEL), que suma todos los sonidos que se producen en un periodo de tiempo determinado o durante un evento específico, integrando el sonido total en una duración de un segundo. El SEL es la cantidad que mejor describe el ruido total de un avión sobrevolando. Sobre la base de numerosas mediciones de sonido, el SEL de un sobrevuelo de avión típico suele ser de cuatro a siete decibelios más alto que el  $L_{max}$  para el evento.

El **Anexo B** muestra gráficos de dos eventos sonoros diferentes. En la mitad superior del gráfico, vemos que los dos eventos tienen el mismo  $L_{max}$ , pero el segundo evento dura más que el primero. El gráfico muestra claramente que el área bajo la curva de ruido es mayor para el segundo evento que para el primero. Esto significa que el segundo evento contiene más energía sonora total que el primero, aunque los niveles máximos de cada evento sean los mismos. En la mitad inferior del gráfico se comparan los SEL de cada evento. Los SEL se calculan comprimiendo matemáticamente la energía sonora total en un periodo de un segundo. El SEL para el segundo evento es mayor que el SEL para el primero. Una vez más, esto significa simplemente que la energía sonora total para el segundo evento es mayor que para el primero.

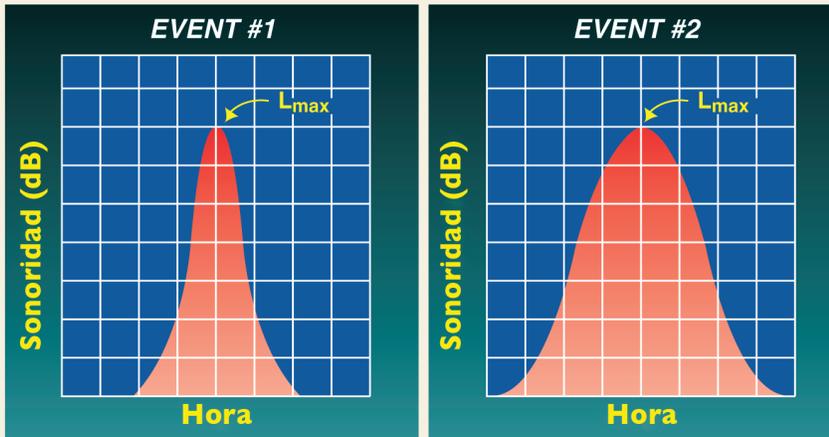
### Nivel sonoro equivalente

El  $L_{eq}$  es simplemente el logaritmo del valor medio de la exposición al sonido durante un periodo de tiempo determinado. Suele utilizarse para duraciones de una hora, ocho horas o 24 horas. En los

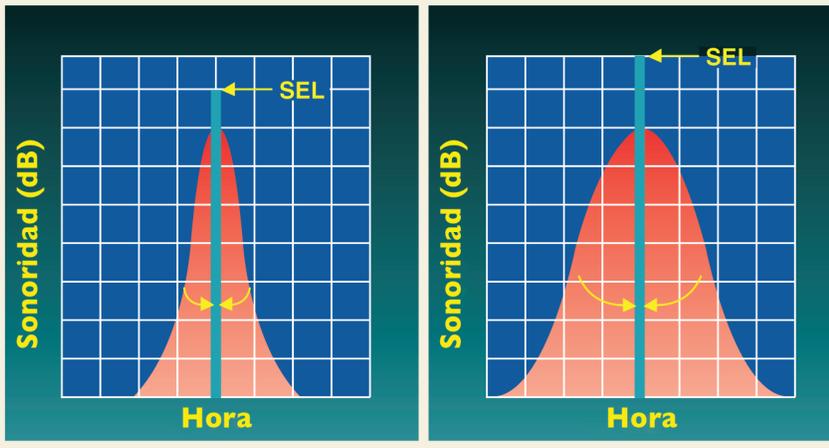
## Anexo B

Comparación de  $L_{max}$  y SEL

Dos eventos sonoros con el mismo nivel sonoro máximo ( $L_{max}$ )



Diferentes niveles de exposición al sonido (SEL) para dos eventos sonoros con el mismo ( $L_{max}$ )



estudios de compatibilidad acústica de los aeropuertos, el uso del término  $L_{eq}$  se aplica a períodos de 24 horas, a menos que se indique lo contrario. A menudo se utiliza para describir sonidos con respecto a su potencial para interferir con la actividad humana.

### Métricas de ruido acumulativo

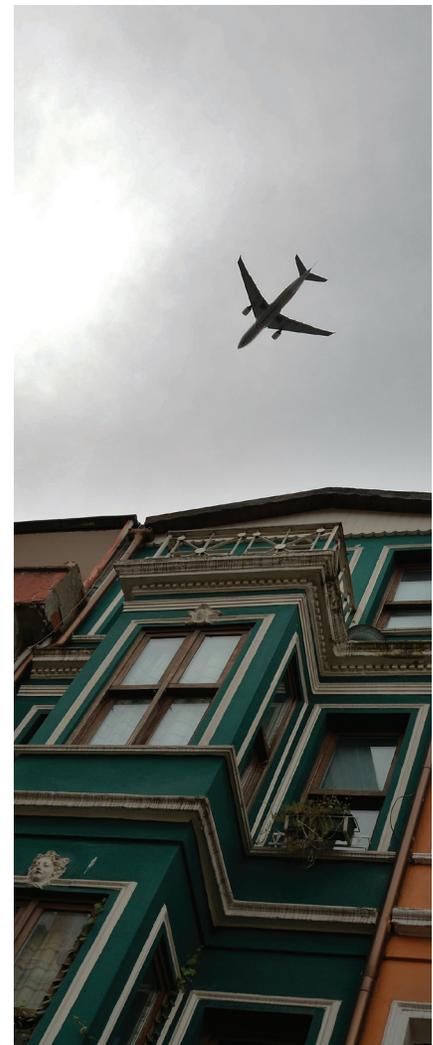
El  $L_{eq}$  puede ponderarse para tener en cuenta las mayores molestias atribuidas al ruido durante la tarde y la noche, cuando los niveles de ruido ambiente son más bajos. Dos métricas de ruido ponderadas utilizadas habitualmente para los aeropuertos son el nivel sonoro diurno-nocturno (DNL) y el nivel equivalente de ruido comunitario (CNEL) que se utiliza en el Estado de California.

Ambas métricas se calculan utilizando una metodología similar; el DNL se calcula sumando la exposición al sonido durante las horas diurnas más 10 veces la exposición al sonido que se produce durante las horas nocturnas (2200-0700). La suma se promedia dividiéndola por el número de segundos durante un día de 24 horas. El CNEL incluye una penalización nocturna adicional de 4,77 dB para los eventos sonoros que se producen entre las 19.00 y las 22.00 horas.

El Anexo C muestra cómo se pondera y promedia el sonido que se produce durante un período de 24 horas mediante las métricas DNL o CNEL. En los ejemplos, el sonido que se produce durante el período, incluido el ruido de los aviones y el sonido de fondo, arroja un valor DNL o CNEL de 71. En la práctica, se

trata de una estimación razonablemente aproximada del ruido de los aviones por sí solo porque, en este ejemplo, el ruido de fondo es lo suficientemente bajo como para contribuir sólo un poco al valor DNL o CNEL global durante el período de observación.

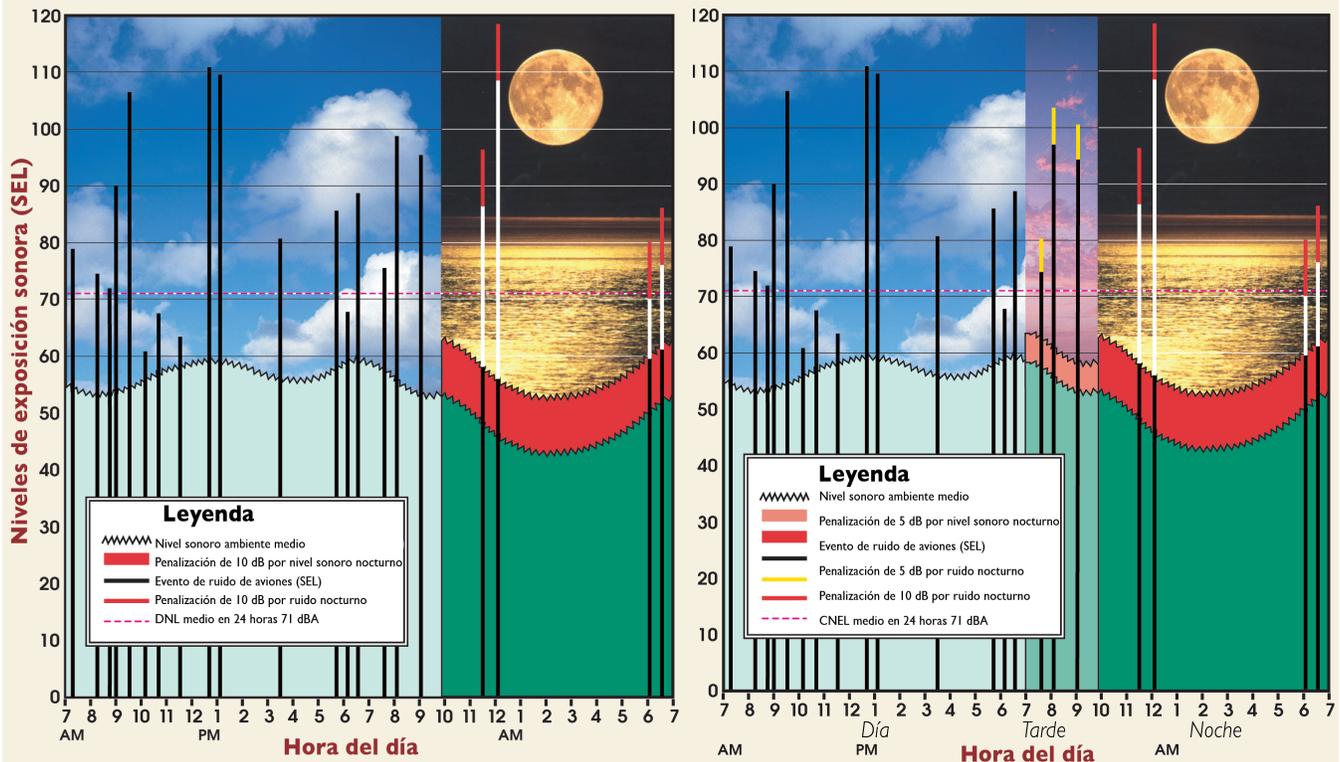
El uso de la métrica acumulativa para describir el ruido de los aviones es obligatorio en todos los estudios sobre el ruido de los aeropuertos elaborados con arreglo a la normativa de 14 CFR Parte 150. Además, todos los organismos federales prefieren el DNL y el CNEL como medida única adecuada de la exposición acumulativa al ruido. Entre estos organismos se encuentran la FAA, la Administración Federal de Carreteras, la Agencia de Protección del Medio Ambiente, el Departamento de Defensa y el Departamento de Vivienda y Desarrollo Urbano.



Anexo C

Patrón de ruido típico y suma de DNL

Patrón de ruido típico y suma CNEL



Se podría pensar en estas métricas como una descripción resumida del “clima acústico” de una zona. DNL y CNEL acumulan la energía acústica procedente del paso de aviones del mismo modo que un pluviómetro acumula la lluvia procedente de las tormentas. Esta analogía se presenta en el Anexo D.

La lluvia suele comenzar como una ligera llovizna que aumenta de intensidad al paso de la borrasca y disminuye a medida

que ésta avanza. Al final de un periodo de 24 horas, un pluviómetro indica el total de precipitaciones recibidas ese día, aunque la lluvia sólo haya caído durante breves chubascos, a veces intensos. A lo largo de un año, la precipitación total se resume en pulgadas. Cuando cae nieve, se convierte a su medida equivalente en agua. Aunque el volumen total de precipitaciones durante el año puede ser de miles de millones o billones de galones de agua, su volumen se expresa

en pulgadas porque facilita la suma y la descripción. Hemos aprendido a utilizar la precipitación total anual para describir el clima de una zona y hacer predicciones sobre el medio ambiente.

El ruido de los aviones es similar al de las precipitaciones. El nivel de ruido de un solo sobrevuelo comienza en silencio y aumenta en intensidad a medida que el avión se acerca. El sonido del avión es más fuerte cuando pasa por encima

Si el elemento básico de la medición del sonido es Leq, DNL se calcula a partir de:

$$L_{dn} - 10_{\log} 1/24 \left( \sum_{d=1}^{15} 10^{[L_{eq}(d)]/10} + \sum_{n=1}^9 10^{[L_{eq}(n)+10]/10} \right)$$

donde DNL se representa matemáticamente como  $L_{dn}$ , y  $L_{eq}(d)$  y  $L_{eq}(n)$  son los valores horarios diurnos y nocturnos combinados. Esta expresión es conveniente cuando sólo se dispone de valores  $L_{eq}$  para unas pocas horas y los valores para el resto del día pueden predecirse a partir del conocimiento de la variación día/noche de los niveles. Los valores  $L_{eq}$  horarios se suman para las 15 horas de 0700 a 2200 y se añaden a la suma de los valores  $L_{eq}$  horarios para las 9 horas nocturnas con una penalización de 10 dB añadida a los  $L_{eq}$  nocturnos.

### Medición de la precipitación



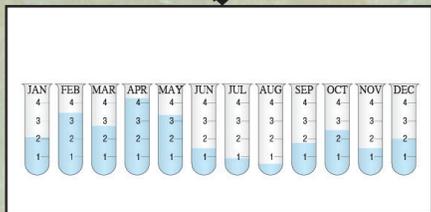
Measure Event



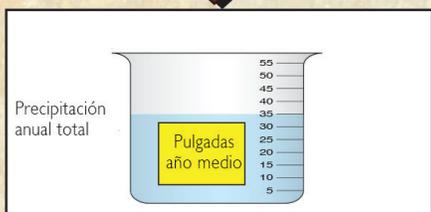
Ajustar factores especiales



Recoger todos los eventos



Todas las tormentas combinadas



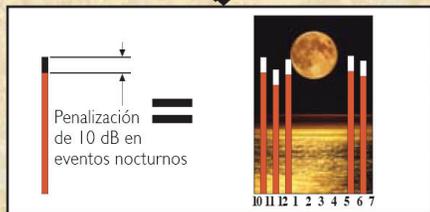
### Medición de ruido



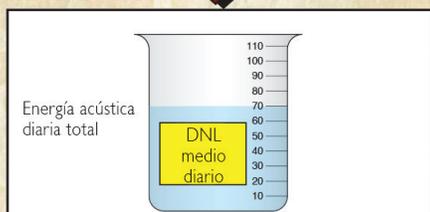
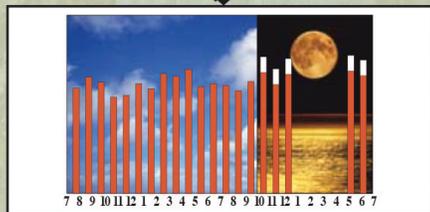
Evento de medida



Ajustar factores especiales



Recoger todos los eventos



Fuente: Coffman Associates 1990

del receptor, disminuyendo a medida que pasa. El ruido total que se produce durante el evento se acumula y se describe como SEL. A lo largo de un período de 24 horas, los SEL pueden sumarse, añadiendo un factor especial de 10 decibelios para el ruido nocturno, obteniéndose un valor DNL y 4,77 dB adicionales para los eventos nocturnos CNEL. El DNL o CNEL desarrollado durante un largo periodo de tiempo, por ejemplo un año, define el entorno acústico de la zona, lo que nos permite hacer predicciones sobre la respuesta media de las personas que viven en zonas expuestas a diversos niveles DNL o CNEL.

### Referencias

Kryter, K.D. 1984. Physiological, Psychological, and Social Effects of Noise, NASA Reference Publication 1115.

Newman, Steven J. and Kristy R. Beattie, 1985. Aviation Noise Effects. Prepared for U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, Office of Environment and Energy, Washington, D.C., Report No. FAA-EE-85-2, March 1985.

HUD (U.S. Department of Housing and Urban Development) 1985. The Noise Guidebook, HUD-953-CPD Washington, D.C., Superintendent of Documents, U.S. Government Printing Office, March 1985.

United States Central Accounting Office, Aviation and the Environment: FAA's Role in Major Airport Noise Programs. April 2000

Otra forma de calcular el DNL se describe en esta ecuación:

$$L_{dn} = 10 \log \frac{1}{86400} \left( \int_{\text{day}} 10^{LA/10 dt} + \int_{\text{night}} 10^{LA+10 dt} \right)$$

donde LA es el nivel sonoro ponderado A variable en el tiempo, medido con un equipo que cumple los requisitos de los sonómetros (según se especifica en una norma como ANSI S1.4-1971), y dt es la duración del tiempo en segundos. La constante media de 86.400 es el número de segundos de un día. Las integrales se toman a lo largo de los periodos diurno (0700 - 2200) y nocturno (2200 - 0700), respectivamente. Si el nivel sonoro se muestrea una vez por segundo en lugar de medirse continuamente, la ecuación sigue siendo válida si las muestras sustituyen a LA y las integrales se cambian por sumas.



### REGLAS PRÁCTICAS ÚTILES

A pesar de las complejas matemáticas que intervienen en el análisis del ruido, existen varias reglas prácticas sencillas que pueden ayudar a comprender el proceso de evaluación del ruido.

- Cuando se promedian los eventos sonoros, los eventos ruidosos dominan el cálculo.
- Un cambio de 10 decibelios en el ruido equivale a un cambio de diez veces en la energía sonora. Por ejemplo, el ruido de diez aviones es diez decibelios más fuerte que el ruido de un avión del mismo tipo, operado de la misma manera. La mayoría de la gente percibe un aumento de 10 decibelios como una duplicación relativa del nivel sonoro. La métrica DNL supone que una operación nocturna (entre las 22.00 y las 7.00 horas) tiene el mismo impacto que diez operaciones diurnas del mismo avión. La duplicación de las operaciones de aviones se traduce en un aumento del ruido de tres decibelios si se realiza por el mismo avión operado de la misma manera.
- La métrica CNEL supone que una operación vespertina (de 19.00 a 22.00 horas) equivale en impacto a 4,77 operaciones diurnas del mismo avión y una operación nocturna (de 22.00 a 7.00 horas) equivale en impacto a diez operaciones diurnas del mismo avión.



# EFFECTOS DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO

Comprender los efectos del ruido sobre las personas y el entorno físico es esencial para orientar las decisiones relativas a la compatibilidad del uso del suelo en los aeropuertos. A medida que la normativa sobre el ruido ha ido evolucionando desde la década de 1970, también lo ha hecho la investigación sobre los efectos de la exposición al ruido. Dos publicaciones, Información sobre los niveles de ruido ambiental necesarios para proteger la salud y el bienestar públicos con un margen de seguridad adecuado (1974) de la Agencia de Protección del Medio Ambiente y Aviation Noise Effects, Report No. FAA-EE-85-2 (1985) de la Administración Federal de Aviación, ofrecen un resumen exhaustivo de los efectos de la exposición al ruido. Desde que se publicaron estos documentos, se han llevado a cabo investigaciones adicionales sobre el tema. El Programa de Investigación Cooperativa Aeroportuaria (ACRP) ha seguido supervisando la investigación sobre la exposición al ruido y ha publicado Effects of Aircraft Noise: Research Update on Selected Topics en 2008. El documento del ACRP pretende actualizar y complementar las publicaciones anteriores, centrándose principalmente en los últimos esfuerzos y conclusiones de la investigación. Las siguientes secciones resumen los hallazgos recientes en relación con los efectos del ruido de los aviones en las siguientes áreas

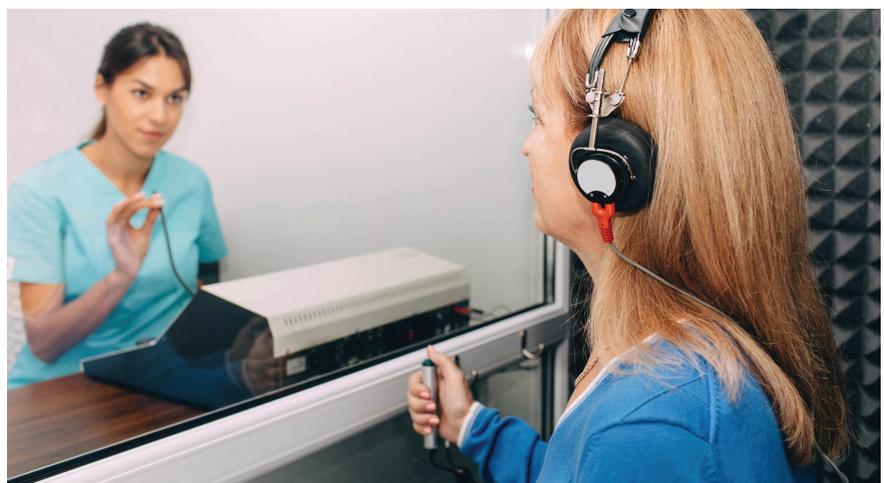
de estudio: salud, molestias, trastornos del sueño, los niños y las escuelas, los valores de propiedad, y la vibración.

## Efectos sobre la salud

### Deterioro auditivo

La pérdida de audición es el principal problema de salud relacionado con la exposición al ruido. El estudio de la EPA de 1974 concluyó que la exposición a un ruido de 70 L<sub>eq</sub> o más de forma continua, durante un periodo prolongado de tiempo, en la frecuencia más sensible al daño del oído humano, puede provocar una pérdida de audición muy pequeña pero permanente. *Aviation Noise Effects* de la FAA cita tres estudios que examinan la pérdida de audición entre las personas que viven cerca de los

aeropuertos, llegando a la conclusión de que, en circunstancias normales, las personas de la comunidad cercana a un aeropuerto no corren ningún riesgo de sufrir daños auditivos por el ruido del aeropuerto. Investigaciones más recientes indican que la exposición ocupacional al ruido que se experimenta en el lugar de trabajo de una persona o la exposición al ruido en actividades recreativas, como la exposición al ruido de un aparato de música personal, conciertos o motocicletas, pueden ser factores de mayor riesgo de pérdida de audición. Dado que los niveles de ruido de la aviación y los niveles de ruido típicos de las comunidades cercanas a los aeropuertos no son comparables a las exposiciones al ruido ocupacional o recreativo asociadas con la pérdida de audición, la discapacidad auditiva





derivada del ruido de la aviación en la comunidad no se ha identificado como un problema de salud de la comunidad.

### Cardiovascular

El estudio del efecto del ruido sobre las afecciones cardiovasculares ha arrojado conclusiones contradictorias. Según las actas de un grupo de trabajo de la Organización Mundial de la Salud convocado en 2000 para estudiar los efectos del ruido en la salud, se sugirió una débil asociación entre la exposición a largo plazo al ruido ambiental y la hipertensión, pero no se pudo establecer una relación dosis-respuesta. El grupo de trabajo concluyó que los efectos cardiovasculares pueden estar asociados con la exposición a largo plazo; sin embargo, las asociaciones no son concluyentes. El grupo también sugirió que el efecto del ruido es algo mayor en el caso de la cardiopatía isquémica que en el de la hipertensión.

Además, la investigación publicada en *Airport Noise Report* (Vol. 29, No. 20 - 16 de junio de 2017) sugiere que el ruido nocturno de los aviones está relacionado con un mayor riesgo de hipertensión. Por el contrario, sobre la base de una revisión de estudios transversales que comparan las zonas cercanas a un aeropuerto con las zonas que tienen

condiciones de ruido ambiental más bajas, no se han encontrado diferencias en la presión arterial sistólica y diastólica; por lo tanto, los niveles de ruido de los aviones no fueron un factor que afectara a la hipertensión en las áreas sujetas.

En octubre de 2013, un estudio publicado en el *British Medical Journal* titulado *Residential Exposure to Aircraft Noise and Hospital Admissions for Cardiovascular Diseases: Multi-Airport Retrospective Study* encuestó a más de seis millones de afiliados a Medicare en más de 2.200 códigos postales alrededor de 89 aeropuertos que residían dentro del contorno de 45 dB o superior. Los resultados concluyeron que el 2,3% de las hospitalizaciones relacionadas con enfermedades cardiovasculares de los afiliados a Medicare se atribuían al ruido de los aviones. El 23% del grupo de estudio estuvo expuesto a un contorno superior a 55 dB, lo que contribuyó a la mitad de las hospitalizaciones atribuibles.

Como se informó en *Airport Noise Report* (Vol. 35, No. 8 – 2 de marzo de 2023), un estudio alemán publicado en *Cardiovascular Research* en 2023 indica que la exposición a ruido de aviones pregrabado a un nivel medio de presión sonora de 72 dB y un nivel máximo de 85 dB “amplifica sustancialmente la inflamación cardiovascular subsiguiente y agrava la insuficiencia cardíaca

isquémica”. El estudio concluye que los resultados cardiovasculares son peores en los seres humanos expuestos previamente al ruido de los aviones y sugiere que la exposición al ruido del transporte debe considerarse un importante factor de riesgo cardiovascular.

### Hospitales y centros asistenciales

El informe *Effects of Aircraft Noise* de la FAA señala que no se dispone de estudios específicos sobre el ruido de los aviones y los hospitales y centros asistenciales. Aunque la mayoría de las directrices sobre el ruido de los aeropuertos y la compatibilidad del uso del suelo incluyen las instalaciones sanitarias, como hospitales, centros de convalecencia y centros de cuidados a largo plazo, como usos sensibles al ruido, no existen estudios que identifiquen los efectos sobre la salud asociados al ruido de la aviación. En comparación, varios estudios han identificado los ruidos internos de las instalaciones médicas como un factor de riesgo para la salud.

### Niños

Los efectos del ruido sobre la salud de los niños también se han estudiado ampliamente en los últimos 30 años. Gran parte de los resultados de los estudios publicados indican que ni los





trastornos psiquiátricos ni los factores ambientales muestran relación alguna con el ruido; sin embargo, otras características físicas, como la frecuencia cardíaca y la tensión muscular, muestran una relación con el ruido. Otros estudios han considerado las relaciones entre la exposición al ruido durante el embarazo y el bajo peso al nacer. Los resultados de estos estudios no indican ninguna correlación entre la exposición al ruido durante el embarazo y el peso al nacer (Wu et al. 1996; Passchier-Vermeer y Passchier 2000). Además, la exposición ocupacional y recreativa al ruido no mostró ningún efecto sobre el peso al nacer de los bebés.

## Molestias

The relationship between annoyance  
Otras investigaciones indican que las molestias aumentan a lo largo de una curva en forma de S o logística a medida que aumenta la exposición acumulada al ruido. Desarrollada por Fiengold et al., la curva del ruido se basa en datos derivados de estudios sobre el ruido del transporte. La investigación muestra la relación entre los niveles DNL y el porcentaje de personas altamente molestas. Conocida como "curva de Shultz actualizada", e ilustrada en el **Anexo A** anterior, representa la mejor fuente de datos disponible para la relación dosis de ruido-respuesta y fue adoptada por el Comité Federal Interinstitucional sobre el Ruido (FICON) en 1992 para su uso por los organismos federales en los análisis de impacto ambiental relacionados con el ruido de los aviones. En 2006, también se adoptó como parte de la norma del Instituto Nacional Estadounidense de Normalización (ANSI) sobre las

respuestas de la comunidad a los ruidos ambientales.

## Alteraciones del sueño

La Autoridad Británica de Aviación Civil realizó un estudio para examinar la relación entre el ruido nocturno de los aviones y las alteraciones del sueño cerca de cuatro aeropuertos: Heathrow, Gatwick, Stansted y Manchester (Ollerhead, 1992). Se controló a 400 sujetos durante un total de 5.742 noches. Se observó que los despertares nocturnos eran muy frecuentes como parte de los patrones naturales del sueño. La investigación llegó a la conclusión de que para niveles de ruido inferiores a 90 SEL,

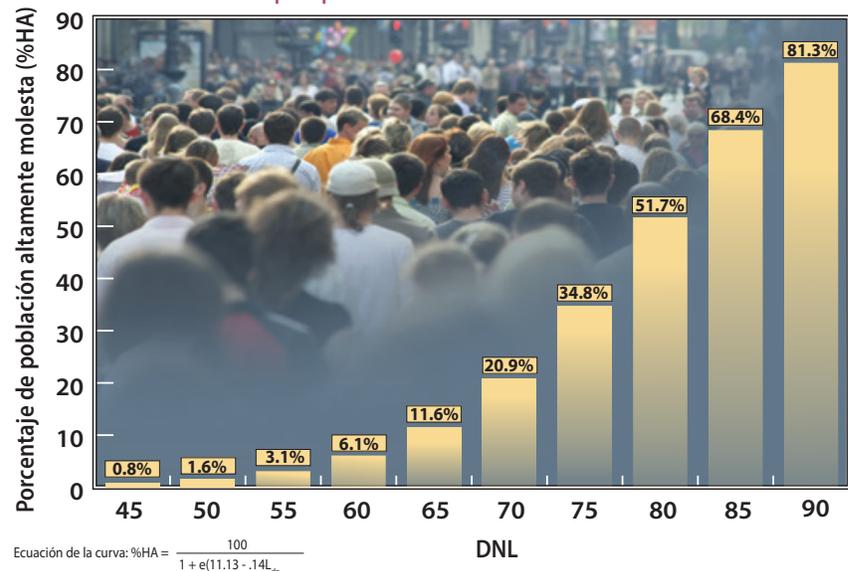
*“Nivel de Ruido Medio Día-Noche (DNL) y se han convertido en la interpretación más ampliamente aceptada de la molestia inducida por el ruido del transporte.”*

medidos al aire libre, no era probable que se produjera un aumento apreciable de las tasas de trastornos del sueño. Cuando los niveles de ruido oscilaban entre 90 y 100 SEL, se detectaba una tasa muy pequeña de aumento de las alteraciones. En general, se observó que los índices de alteración del sueño estaban más estrechamente correlacionados con la etapa de sueño que con los periodos de máxima actividad de los aviones. La investigación concluye que es más probable que el sueño se vea perturbado por cualquier causa durante las etapas de sueño ligero que durante las etapas de sueño intenso.

Como se indica en *Effects of Aircraft Noise* de la FAA, estudios posteriores de Horne et al. (1994) documentan un estudio de referencia en el hogar que demostró que las curvas de dosis-respuesta basadas en datos de laboratorio sobrestimaban en gran medida las tasas reales de despertar en caso de ruido de los aviones. Además, en 1995, Fidell descubrió que los SEL de intrusiones de ruido individuales estaban mucho más estrechamente asociados con los despertares que las exposiciones al

## Anexo A

Porcentaje de personas altamente molestas a determinados niveles de ruido





ruido a largo plazo. Estos hallazgos no se parecen a los de los estudios de laboratorio sobre la interferencia del sueño inducida por el ruido, pero coinciden con los resultados de otros estudios de campo.

Fidell concluye que la relación observada entre las métricas de ruido y las respuestas conductuales al despertar sugieren, en cambio, que el despertar inducido por el ruido puede considerarse útilmente como un proceso de detección de eventos. Dicho de otro modo, un despertar puede considerarse el resultado de una decisión de hecho de que se ha producido un cambio de suficiente importancia en el entorno acústico a corto plazo como para justificar la decisión de despertarse. Además, Efectos del ruido de los aviones afirma que la investigación puede no tener todavía suficiente especificidad para estimar la población despertada para un entorno aeroportuario específico o la diferencia en la población despertada para un cambio dado en un entorno aeroportuario.

El Centro de Sostenibilidad de la Aviación ASCENT está realizando actualmente un estudio plurianual sobre el ruido de los aviones y las alteraciones del sueño. El objetivo del estudio es conocer la relación entre el ruido de los aviones y las alteraciones del sueño en EE.UU. Los resultados preliminares publicados en un informe de 2018 indican que el ruido nocturno ( $L_{noise}$ ) se asoció con una disminución de la calidad del sueño.  $L_{night}$  también aumentó la probabilidad de problemas de sueño debido a despertares nocturnos y dificultad para mantenerse despierto durante el día. Los vecindarios con mayor  $L_{night}$  son más propensos a informar de que el sueño se vio perturbado debido al ruido de los aviones.

Como se informó en Airport Noise Report (Vol. 35, No. 16 - 5 de mayo de 2023), un estudio publicado en la revista *Environmental Health Perspectives* de Bozigar et. al. (2023) descubrió alteraciones del sueño con una exposición al ruido de los aviones de tan sólo 45 dB. En el estudio participaron más de 35.000 enfermeras que informaron sobre la duración y la calidad del sueño como parte del Nurses' Health Study (Estudio sobre la salud de las enfermeras) entre 1995 y 2015. Los resultados compararon las direcciones residenciales geocodificadas de los participantes con los niveles sonoros equivalentes nocturnos de los aviones y los niveles sonoros diurnos-nocturnos en torno a 90 aeropuertos estadounidenses modelados mediante la Herramienta de Diseño Ambiental de la Aviación.

### Niños y escuelas

FICAN publicó en 2000 el documento *Position on Research into Effects of Aircraft Noise on Classroom Learning*, en el que se afirma que los efectos del ruido en el aprendizaje de los niños en el aula sugieren que los niveles de los aviones pueden interferir en múltiples aspectos de la experiencia de aprendizaje del niño en el aula, como la memoria, la adquisición del habla, el lenguaje, la motivación y la lectura. El documento de posición indica que los resultados confirman las conclusiones de estudios anteriores que indican un descenso en el rendimiento en lectura cuando los niveles de ruido exterior se sitúan en un  $L_{eq}$  de 65 dB o superior.

Entre 2001 y 2003, un estudio de tres años patrocinado por la Comisión Europea titulado *Road Traffic and Aircraft Noise Exposure and Children's Cognition and Health* estudió a casi 3.000 niños de

escuelas situadas cerca de carreteras y aeropuertos muy transitados. El estudio evaluó los efectos de la exposición crónica al ruido en el desarrollo de la lectura de los niños. El estudio sugiere que la exposición prolongada al ruido puede retrasar la edad de lectura de un niño hasta dos meses. Además, el estudio descubrió que la exposición persistente al ruido aumenta el nivel de molestia en los niños. Aunque el efecto observado es significativo, los investigadores consideran que su magnitud es pequeña y que los efectos a largo plazo siguen sin estar claros.

En 2003, la Acoustical Society of America publicó *Acoustical Performance Criteria, Design Requirements, and Guidelines for Schools*. Las directrices recomiendan que las aulas nuevas se construyan con un nivel sonoro de fondo máximo admisible para aulas "típicas" de 35 dBA, con un tiempo de reverberación máximo de 0,6 a 0,7 segundos (dependiendo del volumen de la sala). Las directrices son voluntarias y pretenden mejorar el entorno general de aprendizaje de las aulas.

En noviembre de 2013, el Consejo de Investigación del Transporte publicó *Assessing Aircraft Noise Conditions Affecting Student Learning* (ACRP 02-26), en el que se detallan los resultados de un estudio de varios años que examinó la relación entre la exposición al ruido de los aviones y el rendimiento de los estudiantes cerca de 46 aeropuertos importantes de Estados Unidos. Las medidas de rendimiento de los estudiantes se basaron en los resultados de los exámenes estandarizados de lectura y matemáticas de tercero a quinto curso de cada escuela. Los resultados mostraron que existía una relación significativa entre el ruido de los aeropuertos y los resultados de los alumnos en los exámenes. Se instaló aislamiento acústico en 119 de las escuelas primarias y los resultados mostraron que el efecto negativo del ruido de los aviones en el aprendizaje de los niños había disminuido. Este estudio fue uno de los primeros en cuantificar los posibles efectos del aislamiento acústico en el aprendizaje de los niños debido a la exposición al ruido de los aviones.

### Vibración

Las vibraciones estructurales provocadas por el ruido de baja frecuencia también pueden ser motivo de preocupación para los vecinos del aeropuerto. Si bien las vibraciones contribuyen a las molestias declaradas por los residentes cercanos a los aeropuertos, en particular cuando van acompañadas de niveles sonoros audibles elevados, rara vez transportan energía suficiente para dañar las estructuras construidas de conformidad con los códigos de construcción estándar. Aunque este tema ha sido estudiado, no existe una metodología aceptada para describir los efectos del ruido de baja frecuencia y los efectos en las comunidades cercanas a los aeropuertos. La FAA y la NASA, a través del Socio/Centro de Excelencia, siguen estudiando los efectos del ruido de baja frecuencia y publicaron un informe en 2007. Al igual que en estudios anteriores sobre el tema, los expertos en este campo no han llegado a un consenso sobre los efectos.

## Referencias

“Chronic Airport Noise Found to Impair Children’s Reading Skills,” Noise Regulation Report, Vol. 32, No. 6, Page 58, 2005.

Airport Cooperative Research Program (ACRP), *Effects of Aircraft Noise: Research Update on Selected Topics*, 2008

Acoustical Society of America, S12.60, *Acoustical Performance Criteria, Design Requirements, and Guidelines for Schools*, 2002.

Bozigar, M. et al. 2023. Associations between Aircraft Noise Exposure and Self-Reported Sleep Duration and Quality in the United States-Based Prospective Nurses’ Health Study Cohort. *Environmental Health Perspectives*, 101(4).

European Commission, *Road Traffic and Aircraft Noise Exposure and Children’s Cognition and Health*, 2003

Federal Interagency Committee on Noise (FICON) 1992. Federal Interagency Review of Selected Airport Noise Analysis Issues.

Federal Interagency Committee on Aviation Noise (FICON) 2000. Position on Research into Effects of Aircraft Noise on Classroom Learning

Fidell, S. et al. 1989. Updating a Dosage-Effect Relationship for the Prevalence of Annoyance Due to General Transportation Noise. HSD-TR-89-009. Cited in FICON 1992.

World Health Organization (WHO) *Guidelines for Community Noise*, 2000.



## GLOSARIO DE TÉRMINOS DE COMPATIBILIDAD DE RUIDO

**ACUERDO** - El derecho legal de una parte a utilizar una parte de los derechos totales sobre bienes inmuebles propiedad de otra parte. Puede incluir el derecho de paso por arriba, por encima o por debajo de la propiedad; determinados derechos aéreos sobre la propiedad, incluidos los derechos de vista; y los derechos a cualquier forma especificada de desarrollo o actividad, así como cualquier otro derecho legal sobre la propiedad que pueda especificarse en el documento de servidumbre.

**APROXIMACIÓN DE NO PRECISIÓN** - Un procedimiento estándar de aproximación por instrumentos que proporciona la alineación de la pista, pero no el alcance del planeo ni información de descenso.

**APROXIMACIÓN DE PRECISIÓN** - Un procedimiento estándar de aproximación por instrumentos que proporciona información sobre la alineación de la pista y el alcance o descenso del planeo.

**APROXIMACIÓN FINAL** - Una trayectoria de vuelo en dirección al aterrizaje a lo largo de la línea central extendida de la pista. La aproximación final normalmente se extiende desde el tramo base hasta la pista. Consulte "patrón de tráfico".

**APROXIMACIÓN VISUAL** - Una aproximación en la que una aeronave en un plan IFR, que opera en condiciones VFR bajo el control de una instalación de control de tránsito aéreo y que cuenta con una autorización de control de tránsito aéreo, puede dirigirse al aeropuerto de destino en condiciones VFR.

**ÁREA DE SERVICIO DE RADAR TERMINAL (TRSA)** - Espacio aéreo que rodea los aeropuertos designados en el que el ATC proporciona vectorización radar, secuenciación y separación a tiempo completo para todas las aeronaves IFR y VFR participantes. El servicio prestado en un TRSA se denomina Servicio de Fase III.

**ATENUACIÓN** - Fenómeno acústico por el que se experimenta una reducción de la energía sonora entre la fuente de

ruido y el receptor. Esta pérdida de energía puede atribuirse a las condiciones atmosféricas, el terreno, la vegetación y las características artificiales y naturales.

**AZIMUTH** - Dirección horizontal expresada como la distancia angular entre el norte verdadero y la dirección de un punto fijo (como el rumbo del observador).

**BALIZA NO DIRECCIONAL (NDB)**- Una radiobaliza que transmite señales no direccionales mediante las cuales el piloto de una aeronave equipada con un equipo radiogoniométrico puede determinar su marcación hacia y desde la radiobaliza y volver a casa o seguir la pista hacia o desde la estación. Cuando la radiobaliza se instala junto con el marcador del sistema de aterrizaje por instrumentos, normalmente se denomina localizador de brújula.

**CFR** - Código de Regulaciones Federales (es decir, 14 CFR Parte 150).

**CNEL** - Nivel sonoro medio en 24 horas, en decibeles ponderados A, obtenido tras la adición de 4,77 decibeles a los niveles sonoros entre las 7:00 p.m. y las 10:00 p.m. y de 10 decibeles a los niveles sonoros entre las 10:00 p.m. y las 7:00 a.m., promediados a lo largo de un año. En California, es la métrica requerida para determinar la exposición acumulativa de las personas al ruido de los aviones. Consulte también "L<sub>eq</sub>" y "DNL".

**CONTORNO DE RUIDO** - Línea continua en un mapa de las inmediaciones del aeropuerto que conecta todos los puntos con el mismo nivel de exposición al ruido.

**DECIBEL (dB)** - Unidad física utilizada habitualmente para describir los niveles de ruido. El decibel representa una medida relativa o relación con una potencia de referencia. Este valor de referencia es una presión sonora de 20 micropascales que puede denominarse decibel o el sonido más débil que puede oír una persona con muy buen oído en una habitación extremadamente silenciosa.

**DISTANCIA DE ALCANCE OBLICUA** - Distancia en línea recta entre un avión y un punto del terreno.

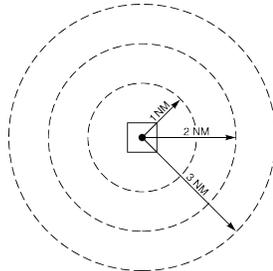
**DNL** - El nivel sonoro medio en 24 horas, en decibeles ponderados A, obtenido tras la adición de diez decibeles a los niveles sonoros de los períodos comprendidos entre las 10:00 p.m. y las 7:00 a.m., como promedio de un año. Es la métrica estándar de la FAA para determinar la exposición acumulativa de las personas al ruido. Consulte también " $L_{eq}$ ".

**DURACIÓN** - Duración, en segundos, de un episodio de ruido, como el sobrevuelo de un avión. (Puede referirse al tiempo durante el cual un evento de ruido supera un nivel umbral de dB especificado.)

**EFFECTO TIERRA** - Atenuación atribuida a la absorción o reflexión del ruido por elementos artificiales o naturales de la superficie del suelo.

**ENFOQUE INSTRUMENTAL** - Una serie de maniobras pre-determinadas para la transferencia ordenada de una aeronave en condiciones de vuelo por instrumentos desde el comienzo de la aproximación inicial hasta un aterrizaje, o hasta un punto desde el que se pueda realizar un aterrizaje visual.

**EQUIPO DE MEDICIÓN DE DISTANCIAS (DME)** - Equipo (aerotransportado y terrestre) utilizado para medir, en millas náuticas, la distancia de alcance oblicuo de una aeronave desde la ayuda a la navegación DME.



**ESTACIÓN DE ALCANCE OMNIDIRECCIONAL DE MUY ALTA FRECUENCIA (VOR)** - Una ayuda eléctrica a la navegación basada en tierra que transmite señales de navegación de muy alta frecuencia, de 360 grados en azimuth, orientadas desde el norte magnético. Se utiliza como base para la navegación en el sistema nacional de espacio aéreo. El VOR se identifica periódicamente por código Morse y puede tener una función adicional de identificación por voz.

**ESTACIÓN DE ALCANCE OMNIDIRECCIONAL DE MUY ALTA FRECUENCIA/NAVEGACIÓN AÉREA TÁCTICA (VORTAC)** - Una ayuda a la navegación que proporciona azimuth VOR, azimuth TACAN y equipo de medición de distancias TACAN (DME) en un solo sitio.

**EVENTO INDIVIDUAL** - Ocurrencia de ruido audible, normalmente por encima de un nivel de ruido mínimo especificado, causado por una fuente intrusa como el sobrevuelo de un avión, el paso de un tren, o la bocina de un barco.

**GPS – SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL** - Sistema de 24 satélites utilizados como puntos de referencia

para que los navegantes equipados con receptores GPS puedan determinar su latitud, longitud y altitud. La precisión del sistema puede afinarse aún más utilizando un receptor terrestre en una ubicación conocida para calcular el error en los datos de alcance de los satélites. Esto se conoce como GPS Diferencial (DGPS).

**ILUMINACIÓN DE LA ZONA DETOMA DE CONTACTO (TDZ)** - Dos filas de barras luminosas transversales situadas simétricamente alrededor de la línea central de la pista normalmente a intervalos de 100 pies. El sistema básico se extiende 3.000 pies a lo largo de la pista.

**INDICADOR DE TRAYECTORIA DE APROXIMACIÓN DE PRECISIÓN (PAPI)** - Sistema de iluminación que proporciona orientación visual de la pendiente de aproximación a las aeronaves durante una aproximación de aterrizaje. Es similar a un VASI, pero proporciona una transición más nítida entre las luces indicadoras de color.

**INDICADOR VISUAL DE PENDIENTE DE APROXIMACIÓN (VASI)** - Instalación de iluminación aeroportuaria que proporciona guía visual vertical de la pendiente de aproximación a las aeronaves durante la aproximación al aterrizaje irradiando un patrón direccional de haces luminosos focalizados rojos y blancos de alta intensidad que indican al piloto que se encuentra en la trayectoria si la ve roja/blanca, por encima de la trayectoria si la ve blanca/blanca y por debajo de la trayectoria si la ve roja/roja. Algunos aeropuertos que prestan servicio a grandes aeronaves disponen de VASIs de tres barras que proporcionan dos trayectorias de guía visual hacia la misma pista.

**LAAS** - Sistema de aumento de área local, antenas terrestres cuya ubicación, conocida con precisión, se utiliza para corregir las señales de satélite y proporcionar una mayor precisión posicional, así como la integridad del servicio a las aeronaves en el aire. Representa la próxima generación de gestión del espacio aéreo y guiado de aeronaves a través del Sistema Nacional del Espacio Aéreo mediante tecnologías GPS.

$L_{dn}$  - (Consulte DNL.)  $L_{dn}$  se utiliza en lugar de DNL solo en ecuaciones matemáticas.

$L_{eq}$  - Nivel sonoro equivalente. Nivel sonoro constante ponderado A durante un periodo determinado (no necesariamente 24 horas) que tiene la misma energía acústica que el ruido de fluctuación durante ese periodo (sin tener en cuenta la ponderación nocturna). Es una medida de la energía acústica acumulada. Dado que el intervalo de tiempo puede variar, debe especificarse mediante un subíndice – como " $L_{eq} 8$ " para una exposición de 8 horas al ruido en el lugar de trabajo – o entenderse claramente.

$L_{max}$  - Nivel sonoro máximo, el nivel sonoro máximo (dB) durante un evento sonoro concreto.

$L_{night}$  - El nivel sonoro equivalente calculado para las horas nocturnas, de 10:00 p.m. a 7:00 a.m.

**LOCALIZADOR** - El componente de un ILS que proporciona guía de rumbo a la pista.

#### LUCES IDENTIFICADORAS DE FINAL DE PISTA (REIL)

- Dos luces intermitentes sincronizadas, una a cada lado del umbral de la pista, que proporcionan una identificación rápida y positiva del extremo de aproximación de una pista concreta.

**NAVEGACIÓN AÉREA TÁCTICA (TACAN)** - Sistema electrónico de navegación aérea de frecuencia ultra alta que proporciona a las aeronaves debidamente equipadas una indicación continua del rumbo y la distancia a la estación TACAN.

**NIVEL DE EXPOSICIÓN AL SONIDO** - Consulte SEL.

**NIVEL EQUIVALENTE DE RUIDO COMUNITARIO** - Consulte CNEL.

**NIVEL SONORO EQUIVALENTE** - Consulte  $L_{eq}$ .

**NIVEL SONORO HORARIO (HNL)** - Una métrica de suma de ruidos que tiene en cuenta principalmente los eventos únicos que superan un umbral o una duración especificados durante una hora.

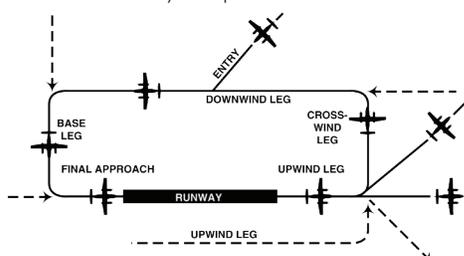
**NIVEL SONORO MEDIOANUAL DÍA-NOCHE** - Consulte DNL.

**NIVEL SONORO MEDIO DÍA-NOCHE** - Consulte DNL.

**NIVEL SONORO PONDERADO A** - Nivel de presión sonora, a menudo indicado como dBA, que se ha filtrado o ponderado en frecuencia para reducir cuantitativamente el efecto del ruido de baja frecuencia. Se diseñó para aproximarse a la respuesta del oído humano al sonido.

**OPERADOR DE BASE FIJA (FBO)** - Proveedor de servicios a los usuarios de un aeropuerto. Dichos servicios incluyen, entre otros, hangares, repostaje de combustible, entrenamiento de vuelo, reparación, y mantenimiento.

**PATRÓN DE TRÁFICO** - El flujo de tráfico prescrito para las aeronaves que aterrizan o despegan de un aeropuerto. Los componentes de un patrón de tráfico típico son el tramo de vuelo arriba, el tramo de viento cruzado, el tramo de viento en cola, el tramo base, y la aproximación final.



**PERFIL** - Son la posición física de la aeronave durante los aterrizajes o despegues en términos de altitud en pies sobre la pista y distancia desde el extremo de la pista.

**PIE BASE** - Una trayectoria de vuelo en ángulo recto con la pista de aterrizaje desde su extremo de aproximación. El tramo base se extiende normalmente desde el tramo de viento en cola hasta la intersección de la línea central extendida de la pista. Consulte "patrón de tráfico".

**PROGRAMA DE USO DE PISTAS** - Un plan de reducción del ruido en la sección de la pista diseñado para mejorar los esfuerzos de reducción del ruido con respecto a las comunidades aeroportuarias para los aviones que llegan y salen. Estos planes se desarrollan en programas de uso de pistas y se aplican a todas las aeronaves turbo reactores de 12.500 libras o más. Las aeronaves turbo reactores de menos de 12.500 libras solo se incluyen si el propietario del aeropuerto determina que la aeronave crea un problema de ruido. Los programas de uso de pistas se coordinan con las oficinas de la FAA, tal como se indica en la Orden 1050.II. Los criterios de seguridad utilizados en estos programas son desarrollados por la Oficina de Operaciones de Vuelo. Los programas de uso de pistas son administrados por el Servicio de Tráfico Aéreo como programas "formales" o "informales."

**PROGRAMA DE USO DE PISTAS (FORMAL)** - Un programa aprobado de reducción del ruido que se define y reconoce en una Carta de Entendimiento entre la FAA – Normas de Vuelo, la FAA – Servicio de Tráfico Aéreo, el propietario del aeropuerto y los usuarios. Una vez establecido, la participación en el programa es obligatoria para los operadores de aeronaves y los pilotos, tal como se establece en la Parte 150. Sección 91.87.

**PROGRAMA DE USO DE PISTAS (INFORMAL)** - Un programa aprobado de reducción del ruido que no requiere una Carta de Entendimiento y la participación en el programa es voluntaria para los operadores de aeronaves/pilotos.

**PROPAGACIÓN** - La propagación del sonido se refiere a la difusión o irradiación de la energía sonora desde la fuente de ruido. Las características de propagación del sonido implican normalmente una reducción de la energía sonora al aumentar la distancia desde la fuente. La propagación del sonido se ve afectada por las condiciones atmosféricas, el terreno y los objetos artificiales y naturales.

**REGLAS DE VUELO POR INSTRUMENTOS** - Normas que rigen los procedimientos para realizar vuelos por instrumentos. También es un término utilizado por pilotos y controladores para indicar el tipo de plan de vuelo.

**REGLAS DE VUELO VISUAL (VFR)** - Reglas que rigen los procedimientos para realizar vuelos en condiciones visuales. El término VFR también se utiliza en Estados Unidos para indicar

condiciones meteorológicas iguales o superiores a los requisitos mínimos VFR. Además, es utilizado por pilotos y controladores para indicar el tipo de plan de vuelo.

**RUIDO** - Atributo de la sensación auditiva según el cual los sonidos pueden ordenarse en una escala que va de suaves a fuertes.

**RUIDO AMBIENTE** - La totalidad del ruido en un lugar y un momento determinados, normalmente un compuesto de sonidos de distintas fuentes a distintas distancias; no predomina ningún sonido en particular.

**RUIDO RESIDUAL** - Ruido ambiental sin ruido específico. El ruido residual es el ruido que queda en un punto en determinadas condiciones cuando se suprime el ruido de la fuente específica.

**RUMBO DE APROXIMACIÓN PERDIDO (MAC)** - La ruta de vuelo que debe seguirse si, tras una aproximación por instrumentos, no se efectúa un aterrizaje, y que se produce normalmente:

1. Cuando la aeronave haya descendido a la altura de decisión y no haya establecido contacto visual, o
2. Cuando el control de tráfico aéreo le indique que se detenga o que vuelva a dar la vuelta.

**SEL** - Nivel de exposición sonora. El SEL, expresado en dB, es una medida del efecto de la duración y la magnitud de un único evento medido en nivel sonoro ponderado A por encima de un umbral especificado que está al menos 10 dB por debajo del valor máximo. En los cálculos típicos de modelos de ruido de aeronaves, el SEL se utiliza para calcular la contribución acústica de las aeronaves al nivel sonoro equivalente ( $L_{eq}$ ), al nivel sonoro diurno y nocturno (DNL) y al nivel sonoro equivalente comunitario (CNEL).

**SISTEMA DE ATERRIZAJE INSTRUMENTAL (ILS)** - Un sistema de aproximación instrumental de precisión que normalmente consta de los siguientes componentes electrónicos y ayudas visuales:

1. Localizador
2. Pendiente de deslizamiento
3. Marcador exterior
4. Marcador central
5. Luces de aproximación

**SISTEMA DE LUCES DE APROXIMACIÓN (ALS)** - Instalación de iluminación aeroportuaria que proporciona orientación visual a las aeronaves que aterrizan irradiando haces de luz en un patrón direccional mediante el cual el

piloto alinea la aeronave con la línea central extendida de la pista en la aproximación final para el aterrizaje.

**SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL** - Consulte GPS.

**SONÓMETRO** - Instrumento utilizado para medir el nivel sonoro, con ponderación de frecuencias estándar y promedio temporal estándar con ponderación exponencial.

**SPL** - Nivel de presión sonora, medida de la presión sonora de una fuente de ruido determinada en relación con un valor de referencia estándar (normalmente, el sonido más bajo que puede detectar una persona joven con buena audición).

**TIEMPO ARRIBA (TA)** - La métrica del ruido TA de 24 horas proporciona la duración en minutos durante la cual el ruido relacionado con las aeronaves supera los niveles sonoros ponderados A especificados. Se expresa en minutos por período de 24 horas.

**TRAMO DE VIENTO CRUZADO** - Trayectoria de vuelo perpendicular a la pista de aterrizaje por su extremo a barlovento. Consulte "patrón de tráfico".

**TRAMO DEVUELO ARRIBA** - Trayectoria de vuelo paralela a la pista de aterrizaje en la dirección del aterrizaje. Consulte "patrón de tráfico".

**TRAMO VIENTO EN COLA** - Una trayectoria de vuelo paralela a la pista de aterrizaje en la dirección opuesta al aterrizaje. El tramo de viento en cola normalmente se extiende entre el tramo de viento cruzado y el tramo base. Consulte también "patrón de tráfico".

**TRAYECTORIA DE PLANEADO (GS)** - Proporciona guía vertical a las aeronaves durante la aproximación y el aterrizaje. La trayectoria de planeo consiste en lo siguiente:

1. Componentes electrónicos que emiten señales que proporcionan guía vertical por referencia a instrumentos aerotransportados durante aproximaciones por instrumentos como ILS, o
2. Ayudas visuales en tierra, como VASI, que proporcionan guía vertical para la aproximación VFR o para la parte visual de una aproximación y aterrizaje por instrumentos.

**UMBRAL** - Nivel de decibeles por debajo del cual no se imprime la información de un solo evento en las cintas del equipo de vigilancia del ruido. No obstante, los niveles de ruido por debajo del umbral se tienen en cuenta en la acumulación de niveles de ruido horarios y diarios.

**UMBRAL DESPLAZADO** - Umbral situado en un punto de la pista distinto del inicio designado de la misma.

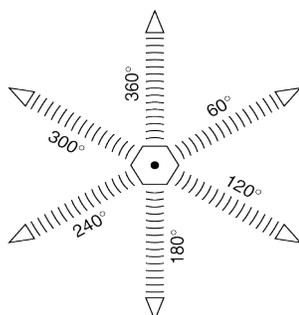
**UNICOM**- Instalación de comunicación no gubernamental que puede proporcionar información aeroportuaria en determinados aeropuertos. La ubicación y las frecuencias de los UNICOMs aparecen en las cartas y publicaciones aeronáuticas.

**VECTOR** - Rumbo emitido a una aeronave para proporcionar guía de navegación por radar.

**VICTOR AIRWAY** - Zona de control o parte de ella establecida en forma de corredor, cuya línea central está definida por radioayudas a la navegación.

**VOR** - Consulte "estación de alcance omnidireccional de muy alta frecuencia".

**VORTAC** - Consulte "estación de alcance omnidireccional de muy alta frecuencia/navegación aérea táctica".



**WAAS** - Sistema de aumento de área amplia, antenas terrestres cuyas ubicaciones conocidas con precisión se utilizan para corregir las señales de los satélites y proporcionar una mayor precisión posicional, así como la integridad del servicio a las aeronaves en el aire. Dadas las dificultades actuales con WAAS, LAAS tiene ahora mayor prioridad para su implantación en los aeropuertos estadounidenses.