

# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

## R A C 36

El presente RAC 36, fue adoptado mediante Resolución N° 00680 del 30 de Marzo de 2015; Publicada en el Diario Oficial Número 49.478 del 10 de Abril de 2015 y se incorpora a los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia –RAC-

## RAC 36

### ESTÁNDARES DE RUIDO

#### Capitulo A – Generalidades.

##### 36.001 Aplicación

- (a) Para la solicitud de certificado de tipo de Aviones y Giroaviones, los diseñadores y fabricantes de aeronaves, en Colombia, que voluntariamente se acojan al Estándar de Aeronavegabilidad contenido en la Parte *FAR 36 del Título 14 del Código de los Reglamentos Federales (CFR)* de los Estados Unidos de Norteamérica, denominada “NOISE STANDARDS: AIRCRAFT TYPE AND AIRWORTHINESS CERTIFICATION”, (ESTANDARES DE RUIDO) en adelante Parte FAR 36, con todas sus enmiendas y apéndices; la cual se adopta para el diseño, construcción y certificación de tales aeronaves o sus partes, en el país; podrán obtener un certificado de tipo respecto de dicho diseño y posteriormente un certificado de producción respecto de la construcción, así como certificados de tipo suplementario respecto de sus modificaciones, otorgados por la Autoridad Aeronáutica de la República de Colombia, una vez acreditado ante ésta, el cumplimiento de los requisitos de aeronavegabilidad aplicables a la aeronave. Para lo anterior, el interesado deberá declarar por escrito conocer la Parte FAR 36 y su voluntad de acogerse a ella.

##### 36.005 Actualización

- (a) Con fundamento en lo previsto en la sección anterior, serán aceptadas como fechas de actualización para este Reglamento, las fechas dadas en las enmiendas (“Amendments”) efectuadas a la Parte FAR 36.

##### 36.010 Adaptación

# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

- (a) Para efectos de la aceptación de la Parte FAR 36, se deberá tener en cuenta que donde dice “Federal Aviation Administration” o se menciona alguna de sus dependencias, entiéndase como Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil - UAEAC y sus dependencias homologas o aplicables; donde dice “Administrator” entiéndase Director General de la UAEAC o en quien él haya delegado la función aplicable para el tema que lo referencia. Si se menciona un producto y su estándar de la industria o el estándar aeronáutico internacional asociado, se aceptará el mencionado estándar, siempre y cuando, uno similar no haya sido emitido previamente en la República de Colombia por el ente pertinente. En caso de haberse emitido el estándar colombiano aplicable, deberá cumplirse con éste. Cualquier desacuerdo encontrado con en el texto del estándar aceptado, deberá ser resuelto con el consentimiento de la UAEAC cuyo concepto prevalecerá. Así mismo el solicitante deberá evaluar el cumplimiento de las políticas ambientales establecidas por los entes nacionales, internacionales y gubernamentales que sean aplicables, y será la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil - UAEAC quien establezca los canales de comunicación con estos entes.

## Apéndice 1. Política Ambiental

1. Adoptase como Política Ambiental en la Unidad Administrativa Especial de la Aeronáutica Civil los siguientes postulados:

(a) Es política de la Aeronáutica Civil de Colombia ejecutar sus actividades y servicios minimizando los riesgos para la salud, la seguridad o el medio ambiente en concordancia con las políticas, planes y programas gubernamentales nacionales, y normas nacionales e internacionales aeronáuticas; además cumplirá y hará cumplir la normatividad ambiental aplicable a sus operaciones y servicios, y a las actividades que cumplan las personas naturales y jurídicas que intervienen en el desarrollo de la aviación civil colombiana.

Para ello, la UAEAC:

- (1) Establece y mantiene procedimientos para la ejecución de sus actividades que garantizan y difunden el cumplimiento de las leyes, convenios y reglamentos nacionales e internacionales que sean aplicados a sus operaciones.
- (2) Adopta sus propios estándares cuando las leyes o reglamentos no existan o no sean lo suficientemente estrictos.
- (3) Racionaliza el consumo de los recursos naturales, minimizando el uso de materiales peligrosos y reduciendo la generación de residuos (sólidos, líquidos, emisiones y ruido).
- (4) Incluye en todos sus proyectos, obras, actividades y servicios criterios ambientales bajo los principios de desarrollo sostenible, prevención de la contaminación y mejoramiento continuo.
- (5) Controla todas sus operaciones y las del sector aeronáutico en cuanto al riesgo sobre la salud, la seguridad o el medio ambiente.

# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

- (6) Provee la tecnología, los recursos humanos y económicos apropiados para el cumplimiento de los objetivos, metas y compromisos ambientales.
- (b) Para llevar a cabo esta política, la UAEAC:
  - (1) Identifica y controla cualquier riesgo sobre la salud, la seguridad o el medio que esté relacionado con sus operaciones y servicios.
  - (2) Mantiene protegidos a los empleados, usuarios y al público de daños personales o peligros para la salud; protegerá los bienes de la entidad y la continuidad de las operaciones.
  - (3) Implanta su política ambiental en cada aeropuerto o instalaciones aeronáuticas, programas específicos de protección ambiental, salud, seguridad y atención de emergencias.
  - (4) Comparte con los empleados, el público, los contratistas y proveedores, los usuarios, las entidades públicas, la comunidad científica y otras entidades, la importancia de los riesgos de salud, seguridad o ambientales que involucran sus actividades y operaciones.
  - (5) Integra a operadores, usuarios y contratistas a su Sistema de Gestión Ambiental, quienes deben ejecutar sus actividades de acuerdo con las políticas y objetivos ambientales de la Aeronáutica Civil, siendo responsables ante la entidad y autoridades Ambientales de la protección ambiental.
- (c) La UAEAC espera que cada empleado usuarios y contratista se adhieran al espíritu de esta política ambiental. Los directores tendrán la especial obligación de mantenerse informados sobre los riesgos y estándares de la salud, la seguridad y el medio ambiente, de manera que puedan ejecutar sus operaciones y actividades de forma segura, mostrando respeto por el medio ambiente y asesorando a la Dirección General eficientemente sobre cualquier situación adversa que se les presente. Esta política se convierte en el marco de referencia para la definición de los objetivos y metas ambientales de la Entidad.
- (d) Es obligación de todos los funcionarios aeronáuticos, empresas aéreas, Omas, talleres, centros de formación y usuarios del transporte aéreo en general, cumplir y hacer cumplir la normatividad ambientales en concordancia con la política aquí fijada.
- (e) El Comité de Asuntos Ambientales, tendrá a su cargo la divulgación y desarrollo de esta Política así como la tarea de recomendar la normatividad necesaria para eficacia y efectividad de sus postulados.

**Nota: Apéndice adoptado conforme al artículo Primero de la Resolución N° 03592 del 28 de Diciembre de 2015. Publicada en el Diario Oficial N° 49.809 del 08 de Marzo de 2016.**

## Apéndice 2. Homologación de aeronaves en cuanto al ruido

### 1. Ámbito de aplicación

- (a) Las disposiciones de 2. al 5., se aplicarán a todas las aeronaves incluidas en las clasificaciones definidas para fines de homologación en cuanto al ruido.

# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

## 2. Autoridad competente

- (a) La homologación en cuanto al ruido será concedida o convalidada por la UAEAC como autoridad del Estado de matrícula de las aeronaves, o por la autoridad competente del respectivo Estado de matrícula, si estuviese matriculada en otro Estado, a base de pruebas satisfactorias de que la aeronave cumple con ciertos requisitos que sean por lo menos iguales a las normas aplicables especificadas en este Apéndice.
- (b) El documento acreditativo de la homologación puede consistir en un certificado expedido por separado, o en una declaración adecuada que figure en otro documento aprobado por la UAEAC o por la autoridad competente del Estado de matrícula, según el caso, y se exigirá que se lleve a bordo de la aeronave.
- (c) Ninguna aeronave de las comprendidas en este Apéndice, podrá operar en Colombia, si no porta a bordo el correspondiente certificado de homologación de ruido, emitido por la UAEAC o por la autoridad competente de otro Estado miembro de la OACI, como Estado de matrícula o como Estado de certificación de tipo de dicho producto aeronáutico.

## 3. Rehomologación

- (a) Si se solicita la rehomologación en cuanto al ruido de una aeronave, la UAEAC la concederá o convalidará basada en pruebas satisfactorias de que la aeronave cumple por lo menos requisitos iguales a las normas aplicables especificadas en este Apéndice. La fecha utilizada para determinar la base de la rehomologación, será la fecha de aceptación de la primera solicitud de rehomologación.

## 4. Contenido del documento de homologación

- (a) Los documentos acreditativos de la homologación en cuanto al ruido de una aeronave contendrán como mínimo los siguientes datos:
  - (1) Estado de matrícula; marcas de nacionalidad y de matrícula;
  - (2) Número de serie dado por el constructor de la aeronave;
  - (3) Designación de tipo y modelo que haya dado el constructor; tipo y modelo de motor; tipo y modelo de hélice (si correspondiere);
  - (4) Declaración de toda modificación incorporada con objeto de satisfacer las normas aplicables de homologación en cuanto al ruido;
  - (5) La masa máxima de la aeronave respecto a la cual se haya demostrado que cumple con las normas aplicables de homologación en cuanto al ruido;
  - (6) En el caso de aviones para los cuales se haya presentado la solicitud de certificación del prototipo el 6 de octubre de 1977 o después de esa fecha, y en el caso de helicópteros para los cuales se haya presentado la solicitud de certificación del prototipo el 1 de enero de

# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

1985 o después de esa fecha: el promedio de niveles de ruido en el punto o puntos de referencia, en los que se hubiese demostrado que se cumplen las normas aplicables a juicio de las autoridades encargadas de la homologación.

- (7) Este Apéndice y el capítulo del Anexo 16 Volumen 1 de conformidad con lo cual se concedió la homologación de la aeronave.
- (8) La altura por encima de la pista a la cual se reduce el empuje o la potencia después de un despegue con empuje o potencia máximos.

## 5. Anotaciones en el manual de vuelo

- (a) Se incluirá en el manual de vuelo la información requerida en virtud de (2) a (7) precedentes. En lo tocante a (8) se añadirá una nota indicando que la altura a la que se reduzca el empuje o la potencia está relacionada con el procedimiento de demostración para homologación en cuanto al ruido y no se aplicará en operaciones normales.

## 6. Condiciones para la homologación

- (a) La UAEAC reconocerá como válida una homologación en cuanto al ruido concedida por otro Estado contratante de la OACI –ya sea como Estado de certificación de la aeronave, o como Estado de matrícula actual o anterior- siempre que los requisitos de acuerdo con los cuales se haya concedido dicha homologación sean por lo menos iguales a las normas aplicables especificadas en este Apéndice y dichos requisitos se conserven.

## 7. Revocación de la homologación

- (a) La UAEAC suspenderá o revocará la homologación en cuanto al ruido de una aeronave inscrita en su registro, o impedirá el vuelo de una aeronave con matrícula extranjera operada en Colombia, si ésta deja de cumplir las normas aplicables sobre ruido. La UAEAC no levantará la suspensión de una homologación ni concederá nuevo certificado o permiso para actividades de vuelo, a menos que al hacer una nueva evaluación de la aeronave se compruebe que esta cumple con las normas aplicables de ruido.

## 8. Exigibilidad

- (a) Salvo que se indique de otro modo en este Apéndice, y teniendo en cuenta las disposiciones del numeral siguiente, la fecha que ha de utilizarse para determinar la aplicación de las normas de este Apéndice, será la fecha en la cual se hubiese aceptado la solicitud de certificado de aeronavegabilidad para el prototipo o en la cual las autoridades encargadas de la certificación hubiesen llevado a cabo un procedimiento equivalente.

## 9. Norma de transición

- (a) Cuando transcurra un período superior a cinco años entre la aceptación de la solicitud del certificado de aeronavegabilidad para el prototipo y su otorgamiento o, si no se aplicara este procedimiento, entre la aceptación y el otorgamiento del certificado de aeronavegabilidad para

# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

la primera aeronave del tipo en cuestión, la fecha determinante para la aplicación de las normas pertinentes de este Apéndice precederá en cinco años a la fecha de otorgamiento del certificado de aeronavegabilidad para el prototipo o, cuando no se aplique este procedimiento, a la fecha de otorgamiento del certificado de aeronavegabilidad para la primera aeronave del tipo en cuestión, salvo casos especiales en que se acepte prolongar esta plazo de cinco años.

**Nota: Apéndice adoptado conforme al artículo Primero de la Resolución N° 03592 del 28 de Diciembre de 2015. Publicada en el Diario Oficial N° 49.809 del 08 de Marzo de 2016.**

## **Apéndice 3. Método de evaluación para la homologación en cuanto al ruido de:**

### **1. Aviones a reacción subsónicos**

- (a) Solicitud del certificado de aeronavegabilidad para el prototipo aceptada el 6 de octubre de 1977 o después de esa fecha.
- (b) Los aviones a reacción, subsónicos cuya solicitud de certificado de aeronavegabilidad para el prototipo haya sido aceptada antes del 6 de octubre de 1977, no podrán operar en Colombia, a menos que estén equipados y sean operados, de modo que no excedan los niveles de ruido admisibles en este Apéndice, concordante con el Capítulo III del Anexo 16 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional de acuerdo a lo siguiente:
  - (1) Sus plantas motrices habrán sido reemplazadas o equipadas con hushkit para disminuir la emisión de ruido a niveles aceptables, según el Capítulo III del Anexo 16 de OACI, encontrándose debidamente certificada dicha alteración.
  - (2) Tales aeronaves serán configuradas y operadas en la forma que haya sido prescrita para minimizar emisión de ruido.
  - (3) Deberán dar estricto cumplimiento a los procedimientos previstos para abatimiento de ruido en el espacio aéreo colombiano.
  - (4) Tales aeronaves deberán contar con el correspondiente certificado de homologación.

### **2. Aviones de más de 5.700 kg propulsados por hélice**

- (a) Solicitud del certificado de aeronavegabilidad para el prototipo aceptada el 1 de enero de 1985 o entre esa fecha y el 17 de noviembre de 1988.

### **3. Aplicabilidad**

- (a) Las normas definidas a continuación no se aplicarán a:
  - (1) Los aviones que sólo necesitan pistas de 610 m de longitud, o menos, con la masa máxima certificada para fines de aeronavegabilidad;

# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

- (2) Los aviones específicamente proyectados para extinción de incendios;
- (3) Los aviones específicamente proyectados para trabajos agrícolas;
- (4) (Reservado)
- (5) (Reservado)
- (b) Las normas de este capítulo se aplicarán a todos los aviones propulsados por hélice, comprendidas sus versiones derivadas, cuya masa máxima certificada de despegue sea superior a 5.700 kg, con respecto a los cuales se hubiese aceptado la solicitud del certificado de aeronavegabilidad para el prototipo, o las autoridades encargadas de la certificación hubiesen llevado a cabo otro procedimiento prescrito equivalente el 6 de octubre de 1977 o entre esa fecha y el 1° de enero de 1985.
- (c) Las normas de este Apéndice, se aplicarán a las versiones derivadas y a los aviones cuya masa máxima certificada de despegue sea superior a 5.700 kg y a los cuales no se apliquen las normas de la sección 6 y con respecto a los cuales se hubiese aceptado la solicitud de certificado de aeronavegabilidad para el prototipo, o las autoridades encargadas de la certificación hubiesen llevado a cabo otro procedimiento prescrito equivalente antes del 6 de octubre de 1977 y respecto a los cuales se hubiese otorgado al avión en cuestión el certificado de aeronavegabilidad el 26 de noviembre de 1981 o después de esa fecha.
- (d) Las normas de 42, se aplicarán a todos los aviones propulsados por hélice, comprendidas sus versiones derivadas, cuya masa máxima de despegue sea superior a 5.700 kg, con respecto a los cuales se hubiese aceptado la solicitud de certificado de aeronavegabilidad para el prototipo, o las autoridades encargadas de la certificación hubiesen llevado a cabo otro procedimiento prescrito equivalente al 1° de enero de 1985 o después de esa fecha.

**Nota:** Se considera que las normas de este Apéndice, aunque elaboradas para aviones de reacción subsónicos, son apropiadas para otros tipos de aviones cualquiera que sea el sistema motopropulsor instalado.

## 4. Mediciones de ruido

- (a) Medida de la evaluación del ruido. La medida de la evaluación del ruido será el nivel efectivo de ruido percibido, expresado en EPNdB, según se describe en este Apéndice.

## 5. Puntos de referencia para la medición del ruido

- (a) En los ensayos en vuelo que se lleven a cabo de conformidad con estas normas, el avión no excederá de los niveles de ruido especificados en 9. en los puntos siguientes:
  - (1) **Punto de referencia de medición del ruido lateral:** punto en una paralela al eje de pista, a 450 m del eje de pista o de su prolongación, en el que el nivel de ruido de despegue sea máximo;
  - (2) **Punto de referencia de medición del ruido de sobrevuelo:** punto en la prolongación del eje de pista, a una distancia de 6,5 km del comienzo del recorrido de despegue;



# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

(3) **Punto de referencia de medición del ruido de aproximación:** punto sobre el terreno, en la prolongación del eje de pista, a 2.000 m del umbral. En terreno horizontal, este punto se encuentra a 120 m (395 ft) por debajo de la trayectoria de descenso de 30, que intercepta la pista a 300 m más allá del umbral.

## 6. Puntos de medición del ruido durante los ensayos

- (a) Si los puntos de medición del ruido durante los ensayos no son los puntos de referencia mencionados, las correcciones correspondientes a las diferencias de posición se efectuarán de la misma manera que las correcciones de las diferencias entre las trayectorias de ensayo y las de referencia.
- (b) Durante los ensayos de ruido lateral se utilizarán puntos de medición suficientes para demostrar a la UAEAC u otra autoridad encargada de la homologación que el nivel máximo de ruido en la línea lateral apropiada ha sido determinado con claridad. Simultáneamente se efectuarán mediciones en un punto de medición del ruido y en la posición simétrica al otro lado de la pista.
- (c) El solicitante demostrará a las autoridades encargadas de la homologación, que durante los ensayos en vuelo los niveles de ruido lateral y los de sobrevuelo no han sido optimizados separadamente, uno a expensas del otro.

## 7. Niveles máximos de ruido

- (a) Los niveles máximos de ruido, cuando se determinen de conformidad con el método de evaluación del ruido expuesto en este Apéndice, no excederán de los valores siguientes:
  - (1) **En el punto de referencia de medición del ruido lateral:** límite constante de 96 EPNdB para los aviones cuya masa máxima de despegue, en relación con la cual se solicita la homologación en cuanto al ruido, sea igual o inferior a 34.000 kg, valor que aumentará linealmente con el logaritmo de la masa del avión, a razón de 2 EPNdB por duplicación de la masa, hasta un límite de 103 EPNdB, después de lo cual el límite se mantendrá constante;
  - (2) **En el punto de referencia de medición del ruido de sobrevuelo:** límite constante de 89 EPNdB para los aviones cuya masa máxima de despegue, en relación con la cual se solicita la homologación en cuanto al ruido, sea igual o inferior a 34.000 kg, valor que aumentará linealmente con el logaritmo de la masa del avión, a razón de 5 EPNdB por duplicación de la masa, hasta un límite de 106 EPNdB, después de lo cual el límite se mantendrá constante; y,
  - (3) **En el punto de referencia de medición del ruido de aproximación:** Límite constante de 98 EPNdB para los aviones cuya masa máxima de despegue, en relación con la cual se solicita la homologación en cuanto al ruido, sea igual o inferior a 34.000 kg, valor que aumentará linealmente con el logaritmo de la masa del avión, a razón de 2 EPNdB por duplicación de la masa, hasta un límite de 105 EPNdB, después de lo cual el límite se mantendrá constante.



# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

## 8. Compensaciones

- (a) Si se exceden los niveles máximos de ruido en uno o dos puntos de medición:
  - (1) La suma de los excesos no será superior a 3 EPNdB;
  - (2) Todo exceso en un solo punto no será superior a 2 EPNdB; y
  - (3) Los excesos se compensarán por las reducciones correspondientes en otro u otros puntos de medición.

## 9. Procedimientos de referencia para la homologación en cuanto al ruido

- (a) Condiciones generales
- (b) En los procedimientos de referencia se satisfarán los requisitos correspondientes de aeronavegabilidad.
- (c) Los cálculos de los procedimientos y de las trayectorias de vuelo de referencia serán aprobados por las autoridades encargadas de la homologación.
- (d) Los procedimientos de referencia para el despegue y la aproximación serán los descritos en 10. y 11. respectivamente, excepto las condiciones especificadas en (e).
- (e) Si el solicitante demuestra que las características de diseño del avión no permiten que éste vuele de conformidad con 10. y 11. los procedimientos de referencia:
  - (1) Se apartarán de los descritos en 10. y 11. únicamente en cuanto esas características imposibiliten el empleo de esos procedimientos; y
  - (2) Serán aprobados por las autoridades encargadas de la homologación.
- (f) Los procedimientos de referencia se calcularán en las condiciones atmosféricas de referencia siguientes:
  - (1) A la presión atmosférica al nivel del mar de 1013,25 hPa;
  - (2) A la temperatura del aire ambiente de 25°C, es decir, ISA + 10° C, salvo que a discreción de las autoridades encargadas de la homologación, estará permitido utilizar la temperatura de 15° C, o sea ISA, como otra temperatura de referencia del aire ambiente;
  - (3) A la humedad relativa de 70%; y
  - (4) Sin viento.

## 10. Procedimientos de referencia para el despegue

# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

(a) **La trayectoria de vuelo de despegue se calculará del modo siguiente:**

- (1) Se utilizará la potencia media de despegue desde el comienzo del mismo hasta el punto en que se alcance por lo menos la altura sobre la pista que se indica a continuación. La potencia de despegue que se utilice será la máxima disponible para las operaciones normales, según se indica en la sección sobre performance del manual de vuelo del avión en las condiciones atmosféricas de referencia.
  - (i) Aviones de dos motores o menos - 300 m (985 ft);
  - (ii) Aviones de tres motores - 260 m (855 ft);
  - (iii) Aviones de cuatro motores o más - 210 m (690 ft);
- (2) Una vez que el avión haya alcanzado la altura indicada en (a), la potencia no se reducirá a un valor inferior al que permita mantener:
  - (i) Una pendiente ascensional del 4%; o
  - (ii) En el caso de aviones multimotores, el vuelo horizontal con un motor inactivo; adaptándose la mayor de estas dos potencias;
- (3) La velocidad será la de ascenso en el despegue con todos los motores en funcionamiento seleccionada por el solicitante en condiciones normales de operación, es decir, por lo menos  $V_2 + 19$  km/h ( $V_2 + 10$  kt), se alcanzará lo antes posible después del despegue y se mantendrá durante todo el ensayo para la homologación en cuanto al ruido de despegue;
- (4) Durante todo el procedimiento de referencia para el despegue se mantendrá constantemente la configuración de despegue elegida por el solicitante; salvo que estará permitido replegar el tren de aterrizaje; y
- (5) La masa del avión en el momento de soltar los frenos será la masa máxima de despegue en relación con la cual se solicita la homologación en cuanto al ruido.

## 11. Procedimiento de referencia para la aproximación

(a) La trayectoria de referencia para la aproximación se calculará del modo siguiente:

- (1) El avión se mantendrá en régimen estabilizado y seguirá una trayectoria de planeo de  $3^\circ$ ;
- (2) La aproximación se efectuará a una velocidad aerodinámica constante no inferior a  $1,3 V_s + 19$  km/h ( $1,3 V_s + 10$  kt), con empuje estabilizado durante la aproximación y por encima del punto de medición y se mantendrá dicha velocidad hasta la toma normal de contacto;
- (3) La configuración constante de aproximación, que se utiliza en los ensayos de certificación de la aeronavegabilidad, pero con el tren de aterrizaje desplegado, se mantendrá durante el procedimiento de referencia para la aproximación;

# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

- (4) La masa del avión, en el momento de la toma de contacto, será la masa máxima de aterrizaje permitida en la configuración de aproximación descrita en (a).
- (5) En relación con la cual se solicita la homologación en cuanto al ruido; y
- (6) Se utilizará la configuración más crítica (la que produce los mayores niveles de ruido) correspondiente a la masa en relación con la cual se solicita la homologación.

## 12. Procedimientos de ensayo

- (a) Los procedimientos de ensayo serán aceptables tanto para las autoridades de aeronavegabilidad como para las encargadas de la homologación en cuanto al ruido del Estado que expide el certificado.
- (b) Los procedimientos de ensayo y las mediciones del ruido se llevarán a cabo y se tramitarán en una forma aprobada para obtener la medida de evaluación del ruido denominada nivel efectivo de ruido percibido EPNL, en unidades EPNdB., según se describe en este Apéndice.
- (c) Los datos acústicos se ajustarán siguiendo los métodos indicados en este Apéndice, a las condiciones de referencia de este capítulo. Se efectuarán los ajustes de velocidad y de empuje, del modo que se indica en este Apéndice.
- (d) Si la masa durante el ensayo es diferente de la masa en relación con la cual se solicita la homologación en cuanto al ruido, el ajuste necesario del EPNL no excederá de 2 EPNdB para el despegue y de 1 EPNdB para la aproximación. Se utilizarán datos aprobados por las autoridades encargadas de la homologación para determinar la variación de EPNL en función de la masa, tanto en las condiciones de ensayo de despegue como en las de aproximación. De modo similar, el ajuste necesario del EPNL para tener en cuenta las diferencias entre la trayectoria de aproximación y la de referencia no excederá de 2 EPNdB.
- (e) En lo que respecta a las condiciones durante la aproximación, se aceptarán los procedimientos de ensayo si el avión sigue un ángulo constante de trayectoria de planeo de  $3^{\circ} \pm 0,5^{\circ}$ .
- (f) Si se utilizan procedimientos de ensayos equivalentes, diferentes de los procedimientos de referencia, los procedimientos de ensayo y todos los métodos que se utilicen para ajustar los resultados a los procedimientos de referencia, serán aprobados por las autoridades encargadas de la homologación. Los ajustes no excederán de 16 EPNdB en el despegue y de 8 EPNdB en la aproximación y, si excedieran de 8 EPNdB y de 4 EPNdB respectivamente, los niveles de ruido obtenidos serán inferiores en 2 EPNdB por lo menos a los niveles límites de ruido especificados en 7.

## 13. Aviones de más de 9.000 kg propulsados por hélice

- (a) Solicitud del certificado de aeronavegabilidad para el prototipo aceptada el 17 de noviembre de 1988 o después de esa fecha.

# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

## 14. Aplicabilidad

- (a) Las normas de éste Apéndice se aplicarán:
- (1) A todos los aviones a reacción subsónicos, comprendidas sus versiones derivadas, con excepción de los aviones que sólo necesiten pistas de 610 m de longitud o menos (sin zonas de parada ni libre de obstáculos) con la masa máxima certificada para fines de aeronavegabilidad, con respecto a los cuales se hubiese aceptado la solicitud de certificado de aeronavegabilidad para el prototipo o las autoridades encargadas de la certificación hubiesen llevado a cabo otro procedimiento prescrito equivalente el 6 de octubre de 1977 o después de esa fecha; y antes del primero de enero de 2006.
  - (2) A todos los aviones propulsados por hélice, comprendidas sus versiones derivadas, cuya masa máxima certificada de despegue sea superior a 5.700 kg (exceptuados los del 9. (b)) con respecto a los cuales se hubiese aceptado la solicitud de certificado de aeronavegabilidad para el prototipo, o las autoridades encargadas de la certificación hubiesen llevado a cabo otro procedimiento prescrito equivalente el 1 de enero de 1985 o entre esa fecha y el 17 de noviembre de 1988.
  - (3) A todos los aviones propulsados por hélice, comprendidas sus versiones derivadas, cuya masa máxima certificada de despegue sea superior a 9.000 kg. con respecto a los cuales se hubiese aceptado la solicitud del certificado de aeronavegabilidad para el prototipo, o las autoridades encargadas de la certificación hubiesen llevado a cabo otro procedimiento prescrito equivalente el 17 de noviembre de 1988 o después de esa fecha y antes del 1 de enero de 2006.

## 15. Mediciones del ruido

- (a) Medida de la evaluación del ruido

La medida de la evaluación del ruido será el nivel efectivo de ruido percibido expresado en EPNdB.

## 16. Puntos de referencia para la medición del ruido

- (a) En los ensayos en vuelo que se lleven a cabo de conformidad con estas normas, el avión no excederá de los niveles de ruido especificados en 7. en los puntos siguientes:

## 17. Punto de referencia de medición del ruido lateral a plena potencia

- (a) Para aviones a reacción: punto en una paralela al eje de pista, a 450 m del eje o de su prolongación, en el que el nivel de ruido de despegue sea máximo;
- (b) Para aviones propulsados por hélice: punto en la prolongación del eje de pista, a 650 verticalmente bajo la trayectoria de ascenso inicial a plena potencia de despegue.

**Nota:** Para los aviones propulsados por hélice, el punto de medición a plena potencia bajo la trayectoria de vuelo constituye una alternativa al punto de medición de ruido lateral.

# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

**18. Punto de referencia de medición del ruido de sobrevuelo:** punto en la prolongación del eje de pista a una distancia de 6.5 Km del comienzo del recorrido de despegue;

**19. Punto de referencia de medición del ruido de aproximación;** punto sobre el terreno en la prolongación del eje de pista a 2.000 m del umbral. En terreno horizontal, este punto se encuentra a 120 m (394 ft) por debajo de la trayectoria de descenso de 3º que intercepta la pista a 300 m más allá del umbral.

## **20. Puntos de medición del ruido durante los ensayos**

- (a) Si los puntos de medición del ruido durante los ensayos no son los puntos de referencia mencionados, las correcciones correspondientes a las diferencias de posición se efectuarán de la misma manera que las correcciones de las diferencias entre las trayectorias de ensayo y las de referencia.
- (b) Durante los ensayos de ruido lateral se utilizarán puntos de medición suficientes para demostrar que el nivel máximo de ruido en la línea lateral apropiada ha sido determinado con claridad. Para los aviones a reacción se efectuarán mediciones simultáneas en un punto de medición del ruido y en la posición simétrica al otro lado de la pista. En el caso de los aviones propulsados por hélice, debido a la asimetría inherente del ruido lateral, se efectuarán mediciones simultáneas en todos los puntos de medición del ruido en la posición simétrica (en una paralela a  $\pm 10$ m del eje de la pista) al lado opuesto de la pista.

## **21. Niveles máximos de ruido**

- (a) Los niveles máximos de ruido, cuando se determinen de conformidad con el método de evaluación del ruido expuesto en este Apéndice, no excederán de los valores siguientes.
- (b) En el punto de referencia de medición del ruido lateral a plena potencia 103 EPNdB para aviones cuya masa máxima certificada de despegue, en relación con la cual se solicita la homologación en cuanto al ruido, sea igual o superior a 400.000 kg, valor que decrecerá linealmente con el logaritmo de la masa hasta 94 EPNdB que corresponde a aviones de una masa de 35.000 kg, después de lo cual el límite se mantendrá constante.
- (c) En el punto de referencia de medición del ruido de sobrevuelo:
  - (1) **Aviones de dos motores o menos.** 101 EPNdB para aviones cuya masa máxima certificada de despegue, en relación con la cual se solicita la homologación en cuanto al ruido, sea igual o superior a 385.000 kg. valor que decrecerá linealmente con el logaritmo de la masa a razón de 4 EPNdB por cada disminución de la masa a la mitad, hasta 89 EPNdB, después de lo cual el límite se mantendrá constante.
  - (2) **Aviones de tres motores.** Igual que en (1), pero 104 EPNdB para aviones cuya masa máxima certificada de despegue sea igual o superior a 385.000 kg.

# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

(3) **Aviones de cuatro motores o más.** Igual que en a). pero 106 EPNdB para aviones cuya masa máxima certificada de despegue sea igual o superior a 385.000 kg.

(d) En el punto de referencia de medición del ruido de aproximación 105 EPNdB para aviones cuya masa máxima certificada de despegue, en relación con la cual se solicita la homologación en cuanto al ruido, sea igual o superior a 280.000 kg, valor que decrecerá linealmente con el logaritmo de la masa hasta 98 EPNdB que corresponde a aviones de una masa de 35.000 kg, después de lo cual el límite se mantendrá constante.

## 22. Compensaciones

(a) Si se exceden los niveles máximos en ruido en uno o dos puntos de medición:

- (1) La suma de los excesos no será superior a 3 EPNdB
- (2) Todo exceso en un solo punto no será superior a 2 EPNdB; y
- (3) Los excesos se compensarán por las reducciones correspondientes en otro u otros puntos de medición.

## 23. Procedimientos de referencia para la homologación en cuanto al ruido

(a) Condiciones generales:

- (1) En los procedimientos de referencia se satisfarán los requisitos correspondientes de aeronavegabilidad.
- (2) Los cálculos de los procedimientos y de las trayectorias de vuelo de referencia serán aprobados por la UAEAC o por la autoridad encargada de la homologación.
- (3) Los procedimientos de referencia para el despegue y la aproximación serán los descritos en (b) y (c) respectivamente, excepto las condiciones especificadas en (4).
- (4) Si el solicitante demuestra que las características de diseño del avión no permiten que éste vuelo de conformidad con (b) y (c) los procedimientos de referencia:
  - (i) Se apartarán de los descritos en (b) y (c) únicamente en cuanto esas características imposibiliten el empleo de esos procedimientos;
  - (ii) Serán aprobados por la UAEAC o por la autoridad encargada de la homologación.
- (5) Los procedimientos de referencia se calcularán en las condiciones de referencia siguientes:
  - (i) A la presión atmosférica al nivel del mar de 1013,25 hPa;
  - (ii) A la temperatura del aire ambiente de 25.C, es decir ISA + 10.C,

# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

- (iii) A la humedad relativa de 70%; y
- (iv) Sin viento.
- (v) Para fines de determinar los perfiles de despegue de referencia tanto para mediciones de ruido de despegue como las mediciones de ruido lateral, la pendiente será de cero.

**Nota:** La atmósfera de referencia es homogénea en lo que respecta a la temperatura y a la humedad relativa cuando se utiliza para el cálculo de los coeficientes de absorción atmosférica.

(b) Procedimientos de referencia para el despegue

(1) La trayectoria de referencia para el despegue se calculará del modo siguiente:

- (i) Se utilizarán el empuje o potencia de despegue del motor de tipo promedio desde el comienzo del mismo hasta el punto en que se alcance una altura sobre la pista de por lo menos;
  - A. Aviones de dos motores o menos -300 m (984 ft);
  - B. Aviones de tres motores -260 m (853 ft);
  - C. Aviones de cuatro motores o más -210 m (689 ft);
- (ii) Una vez que el avión haya alcanzado la altura indicada en a), no se reducirán el empuje o potencia a un valor inferior al que permita mantener:
  - A. Una pendiente ascensional del 4%; y
  - B. En el caso de aviones multimotores, el vuelo horizontal con un motor inactivo; adoptándose de ambos valores de empuje o potencia el mayor;
- (iii) Para determinar el nivel del ruido lateral a plena potencia, la trayectoria de vuelo de referencia se calculará utilizando la potencia máxima de despegue durante todo el ensayo, sin reducir el empuje o la potencia;
- (iv) La velocidad será la de ascenso en el despegue con todos los motores en funcionamiento seleccionada por el solicitante en condiciones normales de operación, es decir, por lo menos  $V_2 + 19$  km/h ( $V_2 + 10$  kt), sin exceder  $V_2 + 37$  km/h ( $V_2 + 20$  kt), se alcanzará lo antes posible después del despegue, y se mantendrá durante todo el ensayo para la homologación en cuanto al ruido de despegue;
- (v) Durante todo el procedimiento de referencia para el despegue se mantendrá constantemente la configuración de despegue elegida por el solicitante, salvo que estará permitido replegar el tren de aterrizaje. El término configuración se interpretará como la condición de los sistemas y la posición del centro de gravedad y comprenderá la posición de los dispositivos hipersustentadores que se utilicen, el hecho que el APU y el hecho de que los dispositivos de abducción, las tomas de aire del motor y las tomas de potencia del motor estén funcionando;



## REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

- (vi) La masa del avión en el momento de soltar los frenos será la masa máxima de despegue en relación con la cual se solicita la homologación en cuanto a ruido, y;
- (vii) El motor de tipo promedio se define como el promedio de todos los motores que cumplen con la homologación que se utilizaron durante los ensayos en vuelo del avión y durante ella dentro de los límites y procedimientos que se especifican en el manual de vuelo. Esto establecerá una norma técnica que comprende la relación entre empuje/potencia y parámetros de control (por ejemplo, N1 ó EPR). Las mediciones de ruido que efectúe durante los ensayos de homologación se corregirán de acuerdo con esta norma.

**Nota:** El empuje/potencia de despegue que se utilice será el máximo disponible para operaciones normales que se indica en la sección sobre performance del manual de vuelo del avión en las condiciones atmosférica de referencia que figuran en el numeral (5) del 23.

(c) Procedimiento de referencia para la aproximación

(1) La trayectoria de referencia para la aproximación se calculará del modo siguiente:

- (i) El avión se mantendrá en régimen estabilizado y seguirá una trayectoria de planeo de 3°;
- (ii) Se mantendrá una velocidad de aproximación constante de  $V_{ref}$  más 19Km/h ( $V_{ref}$  más 10 Kt),

**Nota:** En términos de aeronavegabilidad, se define  $V_{ref}$  como la velocidad de la referencia para el aterrizaje. Según esta definición, la velocidad de referencia del aterrizaje significa la velocidad del avión en descenso, con una configuración de aterrizaje especificada, a la altura en que comienza la distancia definida de aterrizaje calculada para aterrizajes por medios manuales.

- (iii) La configuración constante de aproximación, como se utiliza en los ensayos de certificación de la aeronavegabilidad, pero con el tren de aterrizaje desplegado, se mantendrá durante el procedimiento de referencia para la aproximación;
- (iv) La masa del avión en el momento de la toma de contacto, será la masa máxima de aterrizaje permitida en la configuración de aproximación descrita en (iii) en relación con la cual se solicita la homologación en cuanto al ruido; y
- (v) Se utilizará la configuración más crítica (la que produce los mayores niveles de ruido) con la deflexión normal de las superficies aerodinámicas de mando, comprendidos los dispositivos de sustentación y resistencia al avance, para la masa respecto a la cual se solicita la homologación. Esta configuración comprende todos los elementos que se enumeran en este Apéndice que contribuirán al estado continuo más ruidoso con la masa máxima de aterrizaje en operaciones normales.

# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

## 24. Procedimientos de ensayo

- (a) Los procedimientos de ensayo serán aceptables tanto para las autoridades de aeronavegabilidad (UAEAC en Colombia) como para las encargadas de la medición u homologación en cuanto al ruido, del Estado que expide el certificado.
- (b) Los procedimientos de ensayo y las mediciones del ruido se llevarán a cabo y se tramitarán en una forma aprobada para obtener la medida de evaluación del ruido denominada nivel efectivo de ruido percibido EPNL, en unidades EPNdB, según se describe en este Apéndice.
- (c) Los datos acústicos se ajustarán, siguiendo los métodos indicados en este Apéndice a las condiciones de referencia de este capítulo. Se efectuarán los ajustes de velocidad y de empuje, del modo que se indica en este Apéndice.
- (d) Si la masa durante el ensayo es diferente de la masa en relación con la cual se solicita la homologación en cuanto al ruido, el ajuste necesario del EPNL no excederá de 2 EPNdB para el despegue y de 1 EPNdB para la aproximación. Se utilizarán datos aprobados por las autoridades encargadas de la homologación, para determinar la variación de EPNL en función de la masa, tanto en las condiciones de ensayo de despegue, como en las de aproximación. De modo similar, el ajuste necesario del EPNL para tener en cuenta las diferencias entre la trayectoria de aproximación y la de referencia no excederá de 2 EPNdB.
- (e) En lo que respecta a las condiciones durante la aproximación, se aceptarán los procedimientos de ensayo si el avión sigue un ángulo constante de trayectoria de planeo de  $3^\circ \pm 0,5^\circ$ .
- (f) Si se utilizan procedimientos de ensayos equivalentes, diferentes de los procedimientos de referencia, los procedimientos de ensayo y todos los métodos que se utilicen para ajustar los resultados a los procedimientos de referencia, serán aprobados por las autoridades encargadas de la homologación. Los ajustes no excederán de 16 EPNdB en el despegue y de 8 EPNdB en la aproximación y si excedieran de 8 EPNdB y de EPNdB respectivamente, los niveles de ruido obtenidos serán inferiores en 2 EPNdB por lo menos a los niveles límites de ruido especificados en 21.
- (g) Para las condiciones de despegue, lateral y aproximación, la variación del avión en velocidad indicada instantánea, debe mantenerse en  $\pm 3\%$  de la velocidad aerodinámica media, media entre los 10 dB de atenuación. Esto lo determinará el anemómetro del piloto. Sin embargo, cuando la velocidad indicada instantánea exceda en  $\pm 5.5$  Km/h ( $\pm 3$  Kt) a la velocidad aerodinámica, media sobre los 10 dB de atenuación y el inspector (o representante de la autoridad homologadora) en la cabina de pilotaje juzgue que eso se debe a turbulencia atmosférica, entonces el vuelo así efectuado será rechazado para fines de homologación en cuanto al ruido.

## 25. Aviones de más de 9.000 kg propulsados por hélice

- (a) Solicitud del certificado de aeronavegabilidad para el prototipo aceptada el 1 de enero de 2006 o después de esa fecha. Estas normas se aplican:

## REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

- (1) A todos los aviones de reacción subsónicos, comprendidas sus versiones derivadas con excepción de los aviones que solo necesitan pistas de 610 m de longitud o menos (sin zonas de parada o libres de obstáculos) con masa máxima certificada para fines de aeronavegabilidad, con respecto a los cuales se hubiera aceptado la solicitud de certificado de aeronavegabilidad para el prototipo o las autoridades encargadas de la certificación hubiesen llevado a cabo otro procedimiento escrito equivalente el primero de enero de 2006 o después de esa fecha.
  - (2) A todos los aviones propulsados por hélice, comprendidas sus versiones derivadas, cuya masa máxima certificada de despegue sea superior a 8618 Kg con respecto a los cuales se hubiese aceptado la solicitud de certificado de aeronavegabilidad para el prototipo o las autoridades encargadas de la certificación hubiesen llevado a cabo otro procedimiento escrito equivalente el primero de enero de 2006 o después de esa fecha.
  - (3) A todos los aviones de reacción subsónicos y a todos los aviones propulsados por hélice que hubiesen sido originalmente homologados en el sentido de que satisfacían el Anexo 16 – Vol. 1 al Convenio Sobre Aviación Civil Internacional).
- (b) **Mediciones del ruido.** La medida de la evaluación del ruido será el nivel efectivo de ruido percibido expresado en EPNdB, según se describe en este Apéndice.
- (c) **Puntos de referencia para la medición del ruido**
- (1) En los ensayos en vuelo que se lleven a cabo, de conformidad con estas normas, el avión no excederá de los niveles de ruido máximos especificados en (d) del ruido medido en los puntos especificados en 15.
  - (2) Puntos de medición del ruido durante los ensayos se aplicarán las disposiciones de 15. relativas a los puntos para la medición del ruido.
- (d) **Nivel máximo de ruido**
- (1) Los niveles máximos de ruido permitido se definen en 21. (b), (c) y (d) y no excederán de los valores prescritos en ninguno de los puntos de medición.
  - (2) La suma de las diferencias en dos puntos de medición cualquiera entre los niveles máximos de ruido y los niveles máximos de ruido permitido correspondientes especificados en 21. (b), (c) y (d) no será inferior a 2 EPNdB.
- (e) Procedimiento de referencia para la homologación en cuanto al ruido. Los procedimientos de referencia de homologación en cuanto al ruido corresponderán a lo prescrito en 23.
- (f) Procedimientos de ensayo corresponderán a lo prescrito en 24.
- (g) Rehomologación. Para los aviones especificados en 15. (3), se otorgará rehomologación basándose en que las pruebas utilizadas para determinar este cumplimiento, son tan

# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

satisfactorias como las pruebas correspondientes a los aviones que se especifican en 15. (1) y (2).

## 26. Medición del ruido para fines de vigilancia

- (a) **Aplicabilidad.** Las presentes normas son aplicables a la medición habitual de los niveles de ruido que producen las aeronaves en los aeródromos y en sus proximidades, con el fin de vigilar el cumplimiento y verificar la eficacia de los requisitos de atenuación del ruido.
- (b) **Operación sobre áreas pobladas.** en los aeropuertos donde operen aeronaves de las previstas en ésta parte, sobrevolando durante las maniobras de aproximación o salida, zonas urbanas en las cuales se detecten niveles de ruido iguales o superiores a los máximos admisibles, según lo prescrito en las presentes normas; se adoptarán procedimientos especiales que deberán seguir las aeronaves, para la atenuación del ruido y se efectuará vigilancia a través de la medición del mismo, cuando lo estimen las autoridades ambientales, de conformidad con los estándares internacionales publicados por la OACI, con el fin de prevenir posibles afectaciones a la comunidad en la superficie.
- (c) **Responsabilidad.** Los procedimientos de atenuación serán adoptados por el ente operador del aeropuerto (Gerencia aeroportuaria de la UAEAC, concesionario, etc.) con la participación de los explotadores de aeronaves que operen en el aeropuerto, y la orientación de las Direcciones de Servicios a la Navegación Aérea y de Estándares de vuelo de la UAEAC. Los procedimientos de atenuación, una vez implementados por los diferentes aeropuertos, serán aprobados mediante Resolución de la Secretaria de Sistemas Operacionales.
- (d) **Sanciones.** El incumplimiento de los procedimientos de atenuación de ruido aprobados para cualquier aeropuerto, así como cualquier operación aérea o terrestre de aeronaves, que exceda los límites de ruido admisibles, será sancionado por parte de la Secretaría de Seguridad Aérea, de conformidad con lo previsto en el RAC 13.
- (e) **A afectos de la aplicación de sanciones,** además de cualquier otro medio de prueba disponible, en el caso de existir sensores de ruido, equipados con alarma, se entenderá probada la violación siempre que tales alarmas se activen durante una medición. En estos casos se procederá conforme corresponde a las infracciones detectadas en flagrancia.

## 27. Equipo de medición

- (a) El equipo de medición deberá consistir en aparatos medidores portátiles de lectura directa, o en aparatos situados en una o más posiciones fijas en el aeródromo y enlazados por transmisiones de radio o por un sistema de cables (por ejemplo, línea telefónica, etc.) con un dispositivo registrador situado en un punto central.

## REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

- (b) **Requerimientos técnicos de los equipos de medición.** Las características del equipo instalado en el terreno, incluso en el sistema de transmisión, deberán ajustarse a la Publicación CEI 179 de la oficina central de la Comunicación Electrónica internacional sobre “sonómetros de precisión”, con la excepción de que la ponderación de frecuencia debe ser igual a la inversa de la curva de 40 noys. La respuesta relativa de frecuencia del elemento de ponderación del equipo deberá mantenerse con una tolerancia de  $\pm 0,5$  dB. Cuando se incorpore tal red de ponderación a un instrumento de lectura directa, la relación entre la energía acústica de entrada al micrófono y la lectura del sonómetro debería seguir la inversa de la curva de 40 noys con las mismas tolerancias que las especificadas para la curva de ponderación C en la publicación CEI 179. Las mediciones obtenidas mediante los instrumentos descritos antes, proporcionan, después de sumarle 7 dB, valores que constituyen aproximaciones de los niveles de ruido percibido en PNdB.
- (c) Puede obtenerse otro método de determinación de aproximaciones de los niveles de ruido percibido, mediante la medición del ruido utilizando un sonómetro que incorpore la red de ponderación A (descrita en la publicación CEI 179), sumándose una corrección K, que normalmente oscila entre 9 y 14 dB, según el espectro de frecuencias del ruido. Al comunicar los resultados, debería especificarse el valor de K y el método utilizado por las autoridades encargadas de las mediciones.
- (d) La instalación sobre el terreno de micrófonos para vigilar el ruido producido por las aeronaves, debería prever que los micrófonos estén convenientemente protegidos de la lluvia, y otros fenómenos meteorológicos perjudiciales. Debería aplicarse a los datos obtenidos en la medición, la corrección adecuada por cualquier pérdida de inserción, en función de la frecuencia y de las condiciones meteorológicas, producida por pantallas u otras cercas de protección.

**Nota:** En los casos en que se requiera un registro del ruido en función del tiempo, éste puede efectuarse mediante la grabación de la señal del ruido en cinta magnetofónica, en un registrador gráfico de nivel o en otros aparatos adecuados.

El equipo registrador e indicador debería ajustarse a la publicación CEI 179, con respecto a la característica dinámica del instrumento indicador denominada “lenta”.

**Nota:** Si la duración anticipada de la señal del ruido es inferior a 5 s, podrá emplearse la característica dinámica denominada “rápida”. A los fines de esta nota, se describe la duración como el lapso significativo en función del tiempo, durante el cual la señal registrada, después de pasar por una red de ponderación que tenga una característica de amplitud equivalente a la inversa de la curva de 40 noys, no difiera en más de 10 dB de su valor máximo.

- (e) El sistema microfónico debería calibrarse originalmente en un laboratorio provisto de equipo para calibración en campo libre y su calibración debería verificarse por lo menos cada seis meses.
- (f) El sistema de medición completo, debería calibrarse en un laboratorio antes de su instalación en el terreno y, posteriormente, a intervalos periódicos, a fin de cerciorarse de

# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

que la respuesta de frecuencia y los requisitos relativos a la gama dinámica del sistema reúnen las especificaciones descritas en este documento.

**Nota:** Para la vigilancia, no se tiene la intención de excluir el empleo de dispositivos de medición de lectura directa que difieran de los anteriormente definidos, pero que den valores aproximados de los niveles de ruido percibido.

## 28. Instalación del equipo en el terreno

- (a) Los micrófonos utilizados para vigilar los niveles de ruido producido por las aeronaves, deberían instalarse en lugares apropiados, con el eje de sensibilidad de cada micrófono orientado en una dirección tal que se logre la sensibilidad máxima a las ondas sonoras. La posición del micrófono debería elegirse de modo que no haya ningún obstáculo por encima del plano horizontal que pase por el centro activo del micrófono, que pueda influir en el campo sonoro producido por una aeronave.

**Nota 1:** Puede que sea necesario emplazar los micrófonos de vigilancia en lugares donde hay considerable ruido de fondo, causado por el tránsito de vehículos motorizados, niños que juegan, etc. En estos casos, resulta a menudo indicado colocar el micrófono sobre un tejado, en un poste telefónico o en cualquier otra estructura elevada. En consecuencia, es necesario determinar el nivel de ruido de fondo y llevar a cabo una comprobación sobre el terreno, en una o más frecuencias, de la sensibilidad global del sistema de medición antes o después de medir el nivel de ruido correspondiente a una serie de vuelos.

**Nota 2:** Si, a causa de que el micrófono se ha emplazado en una estructura elevada, o al personal del servicio le es imposible calibrarlo directamente debido a su inaccesibilidad podría ser útil, disponer una fuente sonora calibrada en el emplazamiento del micrófono. Esta fuente puede consistir en un pequeño alta voz, un actuador electrostático o un dispositivo similar.

- (b) La vigilancia se refiere al ruido producido por el vuelo de una sola aeronave, por una serie de vuelos, por el tipo determinado de aeronave o por un gran número de operaciones de aeronaves diferentes. Estos niveles varían, en un punto de vigilancia determinado, de acuerdo con los procedimientos de vuelo o las condiciones meteorológicas. Por lo tanto, al interpretar los resultados de un procedimiento de vigilancia debería tomarse en consideración la distribución estadística de los niveles de ruido medidos. Cuando se informe de estos resultados, debería facilitarse una descripción adecuada de la distribución de los niveles de ruido observados.

# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

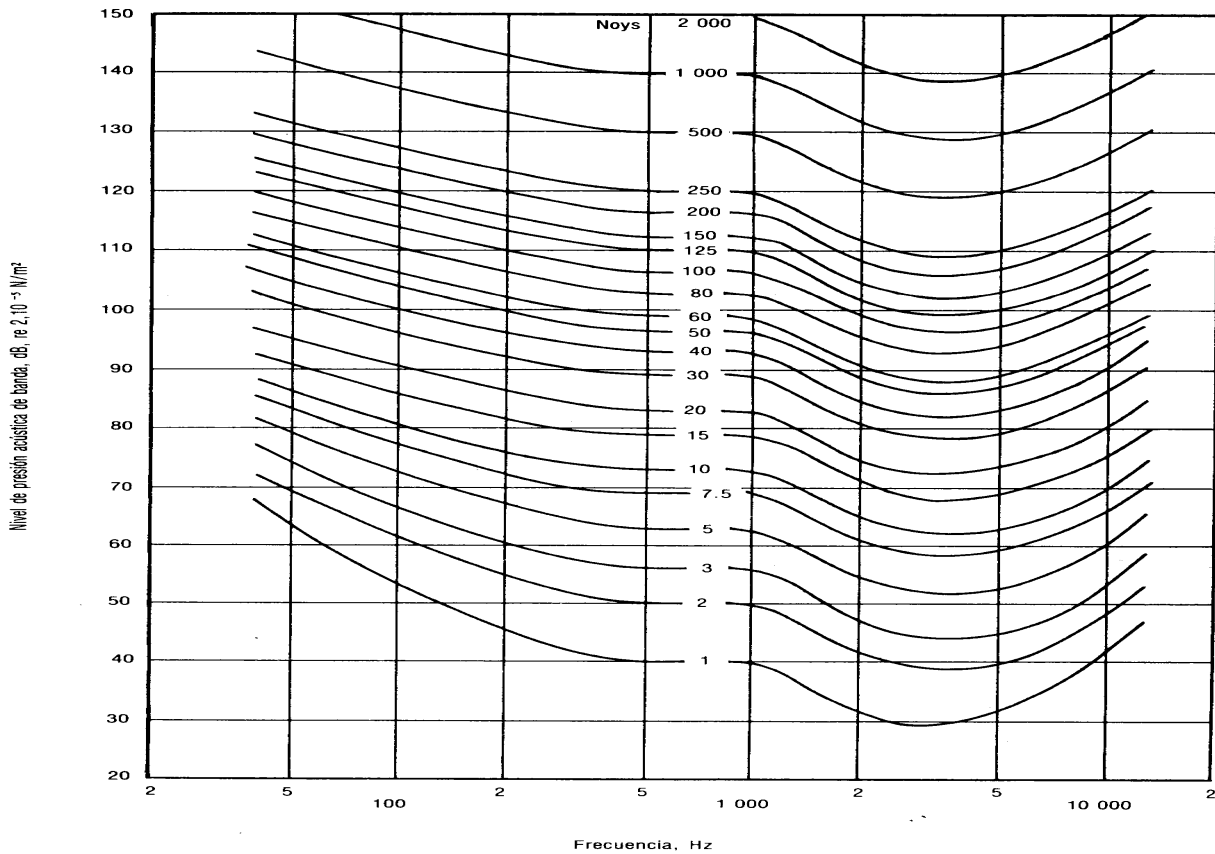


Figura 5-1. Curvas de ruidosidad percibida

Tabla 5-1. Aproximación, redondeada al decibelio más próximo de la inversa de la curva de 40 noys correspondientes a una frecuencia de mil Hz

Hz	40	50	63	80	100	125	160
dB	-14	-12	-11	-9	-7	-6	-5

Hz	200	250	315	400	500	630	800
dB	-3	-2	-1	0	0	0	0

Hz	1.000	1.250	1.600	2.000	2.500	3.150	4.000
dB	0	+2	+6	+8	+10	+11	+11

Hz	5.000	6.300	8.000	10.000	12.500
dB	+10	+9	+6	+3	0



# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

## 29. Evaluación del ruido en los aeropuertos e instrucciones técnicas de operación

- (a) Sin perjuicio de las instrucciones específicas que para cada aeropuerto sean implementadas, conforme a sus respectivos manuales de atenuación de ruido adoptados para la operación de aeronaves, en superficie o en vuelo sobre el territorio nacional, todo explotador de aeronave, responsable de operaciones, y piloto al mando y demás tripulantes de vuelo, se cerciorarán de que se dé cumplimiento a las siguientes instrucciones.
- (b) **Exclusión de aeronaves capítulo II.** Ningún explotador, nacional o extranjero, está autorizado para operar, dentro del territorio nacional, con aeronaves clasificadas dentro del capítulo II del Anexo 16 al convenio sobre aviación civil internacional de Chicago/1944, excepto en los siguientes casos:
  - (1) Las aeronaves que cumplan con lo previsto en el Capítulo II de esta parte y generen niveles de ruido aceptables según el capítulo III.
  - (2) Las aeronaves de Estado
  - (3) Las aeronaves en misiones sanitarias o humanitarias esporádicas.
  - (4) Las aeronaves en situación de emergencia.
  - (5) Aeronaves que cuenten con un permiso especial de la Secretaría de Sistemas Operacionales de la UAE de Aeronáutica Civil, en cuyo caso deberá cancelar unos derechos equivalentes a veinte (20) salarios mínimos mensuales legales vigentes.
- (c) Los explotadores responsables de los vuelos enumerados en los literales b), c) y d) deberán justificar su operación posteriormente, y por escrito, ante la Secretaría de Seguridad Aérea de la UAEAC, en un plazo de cuarenta y ocho (48) horas, quién a su vez, en un plazo no mayor a cinco (5) días hábiles notificará el hecho al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

## 30. Capacitación

- (a) Un programa de sensibilización deberá ser impartido a los responsables de operaciones y tripulantes de vuelo de cada explotador de aeronaves a las cuales les aplique esta parte, a fin de que conozcan el impacto y consecuencias del ruido de las aeronaves en la comunidad, y los procedimientos establecidos para atenuarlo y respeten tales procedimientos.
- (b) Todo explotador deberá publicar en sus MANUALES DE OPERACIÓN, las instrucciones relativas a la operación de la aeronave tendientes a reducir al mínimo el impacto sonoro de los aterrizajes y despegues.

## 31. Uso de reversibles

- (a) Está totalmente prohibido el uso de reversibles en las calles de rodaje o en las plataformas con el fin de abandonar la posición de parqueo.

# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

## 32. Prueba de motores

- (a) Toda prueba de motores se efectuará exclusivamente en el punto que haya sido designado al efecto, en el respectivo aeropuerto y dentro de los horarios señalados a continuación.
- (1) Las pruebas de motores, más allá de la mínima potencia, se efectuarán únicamente entre las 06H00 y las 20H00 locales.
  - (2) Las pruebas de motores a mínima potencia, se efectuarán únicamente entre las 06H00 y las 22H00 locales.
  - (3) Excepcionalmente se podrán autorizar pruebas de motores a mínima potencia, en un punto diferente al establecido conforme al literal a) cuando este se encuentre inhabilitado o congestionado.
  - (4) Las calibraciones de brújula de los turborreactores podrán ser efectuadas entre las 06H00 y las 22H00 locales, en los puntos establecidos para prueba de motores.
  - (5) Las pruebas de motores podrán realizarse en las plataformas de mantenimiento que cuenten con barreras de protección, debidamente autorizadas por la UAEAC, que permitan mitigar el impacto del ruido, en un horario comprendido entre las 06H00 y las 24H00 locales.
  - (6) Está totalmente prohibido realizar cualquier prueba de motores en hangares o sitios cerrados, a menos que se cumpla con lo estipulado en el punto anterior.
  - (7) Está totalmente prohibido iniciar, correr o efectuar pruebas de motores en las posiciones de estacionamiento de los muelles de pasajeros y de carga.
  - (8) Las pruebas de motores para aeronaves de ala rotatoria, podrán realizarse sin ningún tipo de restricción, siempre que se cuente con los elementos de seguridad y la debida demarcación, con el fin de garantizar los niveles de seguridad. En caso contrario, éstas deberán ser realizadas en los puntos señalados en los literales b) y c), del presente numeral, en cuyo caso, solo podrán ser realizadas entre las 06H00 y las 18H00 locales.
  - (9) En caso de contingencia o fuerza mayor, la Dirección de Servicios a la Navegación Aérea de la UAEAC, podrá autorizar las pruebas de motores en horarios o sitios diferentes a los establecidos en los literales anteriores, previa solicitud que lo justifique.

**33. Uso del grupo auxiliar de potencia – APU.** Se autoriza el APU en todas las posiciones de estacionamiento por un período máximo de cinco (5) minutos así:

- (a) **Aeronaves saliendo:** Únicamente durante el tiempo necesario para iniciar el remolque y posterior encendido de los motores, previa autorización de remolque del ATC.
- (b) **Aeronaves llegando:** Únicamente durante la operación de parqueo en la posición asignada, mientras se conecta a la planta auxiliar de tierra o del puente de abordaje del muelle.
- (c) **Cuando por motivos operacionales:** Una compañía requiera de un mayor tiempo de operación del APU, podrá ser autorizada por el ATC por un período máximo de quince (15) minutos. Estas razones deberán ser justificadas, en un plazo de cuarenta y ocho (48) horas, por el explotador de la aeronave ante la Secretaría de Sistemas Operacionales la UAEAC.

## REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

- (d) Queda prohibido el uso del APU, por períodos superiores a los cinco (5) minutos, en las plataformas, hangares o sitios cerrados. Se exceptúa de la presente disposición a las aeronaves de Estado ubicadas en plataformas militares o de policía (en aeropuertos civiles) cuando lo requieran durante vuelos de orden público.

### 34. Rodaje e inicio de motores

- (a) Toda aeronave impulsada por hélices, iniciará turbinas o motores, en su posición de estacionamiento, tan pronto haya copiado autorización de control, siempre y cuando su rodaje se ajuste a la hora prevista de rodaje asignada por el ATC en la respectiva frecuencia excepto. cuando su posición de parqueo se encuentre demarcada con las letras B ó C.
- (b) Las aeronaves equipadas con turborreactores que se encuentren ubicadas en los muelles, nacional o internacional, bien sea de carga o pasajeros, encenderán de ser posible, sus turbinas durante el remolque y solo cuando la tobera de las mismas hayan dejado de apuntar hacia los terminales y que, a juicio del personal de tierra, con esta maniobra no se atente contra la seguridad de otras aeronaves, vehículos o la infraestructura. No obstante, dependiendo de las características del respectivo aeropuerto, se podrá exceptuar de la aplicación de esta norma a ciertas aeronaves para que puedan iniciar turbinas, una vez se haya iniciado el remolque, o en la posición de estacionamiento, previa autorización del ATC, siempre y cuando se haya retirado el puente de abordaje y tomado las demás medidas de seguridad que sean necesarias. Tales procedimientos excepcionales estarán desarrollados en el manual de atenuación o en el manual de operación de cada aeropuerto.

### 35. Despegue desde intersecciones

- (a) A menos que, existiera una restricción sobre la disponibilidad de la total longitud de la pista, NO se autorizará, entre las 23H01 y las 05H59 locales del día siguiente, el despegue de aeronaves desde cualquiera de las intersecciones de las pistas, si el sentido en que se efectúe dicho despegue implica el sobrevuelo de áreas urbanas.

### 36. Procedimientos de abatimiento de ruido

- (a) Los procedimientos de abatimiento de ruido a que haya lugar durante la fase inicial del despegue, se elaborarán con el fin de reducir al mínimo los niveles de ruido en tierra, garantizando la seguridad necesaria en las operaciones de vuelo.
- (b) Tales procedimientos una vez adoptados y aprobados deberán cumplirse obligatoriamente en todo despegue, a menos que la tripulación, con el ánimo de salvaguardar la aeronave y sus pasajeros, considere apartarse del mismo, caso en el cual, la tripulación conducirá la aeronave según los procedimientos estipulados por el fabricante y/o la respectiva compañía.
- (c) Las razones que motivaron a incumplir el procedimiento deberán ser justificadas, en un plazo de cuarenta y ocho (48) horas por el comandante, ante la Secretaría de Sistemas Operacionales de la UAE de Aeronáutica Civil quién a su vez, en un plazo no mayor a cinco (5) días hábiles notificará el hecho al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

## 37. Vuelos de prueba

- (a) Los vuelos de prueba deberán, en cuanto sea posible, considerar para su despegue y aterrizaje las pistas opuestas a las áreas urbanas de la localidad en que se encuentre el aeropuerto y solo se efectuarán entre las 06H00 y las 16H00 locales, con el permiso de la Dirección de Servicios a la Navegación Aérea, previo concepto operacional favorable de la Secretaría de Seguridad de la UAE de Aeronáutica Civil. Esta autorización deberá ser notificada al Servicio de Información Aeronáutica y a la Torre de Control del Aeropuerto respectivo.
- (b) No se autorizarán vuelos de prueba entre las 16H01 y las 05H59 locales del día siguiente.

## 38. Estacionamiento de las aeronaves

- (a) Mientras que una aeronave permanezca estacionada en los muelles de pasajeros o de carga, no podrá tener encendidos los motores.

## 39. Procedimientos y gestión de tránsito aéreo

- (a) Con el fin de reducir al máximo posible el sobrevuelo de zonas habitadas, siempre garantizando los niveles de SEGURIDAD AEREA, la Dirección de Servicios a la Navegación Aérea de la UAE de Aeronáutica Civil, por intermedio del Grupo de Procedimientos y Gestión de Tránsito Aéreo, continuará estudiando todas las posibilidades técnicas que permitan mejorar los procedimientos usados en la actualidad.

## 40. Notificaciones

- (a) La Secretaría de Sistemas Operacionales la UAE de Aeronáutica Civil, deberá informar, en un plazo no mayor a cinco (5) días hábiles, de la fecha de su conocimiento, o al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de toda violación a las normas o procedimientos relativos a la generación y atenuación del ruido de las aeronaves.

## 41. Helicópteros

### Este método de evaluación del ruido comprende:

- (1) Condiciones de ensayo y medición para la homologación en cuanto al ruido;
- (2) Medición del ruido de aviones y helicópteros percibido en tierra;
- (3) Cálculo del nivel efectivo del ruido percibido a partir de los datos de ruido medidos; y
- (4) Notificación de los datos a las autoridades encargadas de la homologación y corrección de los datos medidos.

**Nota 2:** Las instrucciones y procedimientos de este método se han delineado claramente para asegurar la uniformidad de los ensayos de homologación y para poder comparar entre sí los ensayos efectuados con aeronaves de varios tipos, en diversos lugares geográficos.

# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

**Nota 3:** En este Apéndice se incluyen una lista completa de símbolos y unidades, la formulación matemática de la ruidosidad percibido, un procedimiento para determinar la atenuación atmosférica del sonido, y procedimientos detallados para corregir niveles de ruido de modo que correspondan a condiciones de referencia.

## 42. Condiciones de ensayo y medición para la homologación en cuanto al ruido

### (a) Generalidades

- (1) En este Apéndice se prescriben las condiciones en las que se llevará a cabo la homologación en cuanto al ruido, así como también los procedimientos que corresponde usar.

**Nota:** Muchas solicitudes de homologación en cuanto al ruido tratan únicamente de modificaciones de menor cuantía del diseño de tipo de la aeronave. Los cambios de ruido resultantes, con frecuencia pueden evaluarse de una manera fiable, sin que sea necesario efectuar un ensayo completo como el que se describe en este apéndice. Por esta razón, se alienta a las autoridades encargadas de la homologación a permitir la utilización de "procedimientos equivalentes" apropiados. Además, existen procedimientos equivalentes que pueden utilizarse para los ensayos completos de homologación con el fin de reducir los costos y obtener resultados fiables. En el Manual técnico-ambiental sobre aplicación de los procedimientos de homologación de las aeronaves en cuanto al ruido (Doc.9501) se proporciona un texto de orientación sobre el empleo de procedimientos equivalentes para la homologación en cuanto al ruido de los aviones de reacción subsónicos y de los aviones propulsados por hélice y de los helicópteros.

- (b) **Medio ambiente de ensayo.** Los lugares en que se mida el ruido producido por las aeronaves en vuelo estarán rodeados de terreno relativamente llano, que no se caracterice por una absorción excesiva del sonido, como la que podría deberse a hierba densa y apelmazada, arbustos o zonas cubiertas de bosque. Dentro de un espacio cónico cuyo vértice coincida con un punto del terreno situado verticalmente por debajo del micrófono, con su eje perpendicular al suelo y un semiángulo a  $80^\circ$  con relación a ese eje, no habrá ningún obstáculo que pueda influenciar de una manera significativa el campo sonoro procedente de la aeronave.

**Nota:** Las personas que efectúan las mediciones pueden constituir ellas mismas obstáculos.

- (c) Excepto en el caso que se especifica en (d), los ensayos se llevarán a cabo en las siguientes condiciones atmosféricas:
  - (1) Ausencia de precipitación.
  - (2) Temperatura del aire ambiente no superior a  $35^\circ\text{C}$  ni inferior a  $-10^\circ\text{C}$  y humedad relativa no superior al 95% ni inferior al 20% en toda la trayectoria del ruido entre un punto a 10 m (33 ft) sobre el terreno y la aeronave;

**Nota:** Convendría asegurar que la utilización de los instrumentos de medición de ruido, de seguimiento de trayectoria de vuelo de la aeronave y meteorológicos se efectúe dentro de sus límites con respecto al medio ambiente.

## REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

- (3) Humedad relativa y temperatura del aire ambiente en toda la trayectoria del ruido entre un punto a 10 m (33 ft) sobre el terreno y la aeronave, con valores tales que la atenuación del sonido en la banda de un tercio de octava centrada en 8 kHz no exceda de 12 dB/100 m;
- (4) Si los coeficientes de absorción atmosférica varían a lo largo de la trayectoria de propagación del sonido PNLTM en más de  $\pm 0,5$  dB/100 m en la banda de un tercio de octava centrada en 3150 Hz en comparación con el valor del coeficiente de absorción derivado de las mediciones meteorológicas obtenidas a 10 m sobre la superficie, para calcular las atenuaciones del sonido ponderadas equivalentes en cada banda de un tercio de octava, la atmósfera deberá subdividirse en capas, con subdivisiones que sean suficientes a juicio de las autoridades encargadas de la homologación-, y, si no fuera necesario subdividir la atmósfera en capas, la atenuación del sonido equivalente, en cada banda de un tercio de octava, se obtendrá promediando los coeficientes de absorción atmosférica en cada una de dichas bandas a 10 m (33 ft) por encima del nivel del terreno y al nivel de vuelo de la aeronave de ensayo en el instante correspondiente al PNTLM, para cada medición;
- (5) Velocidad del viento no superior a 22 km/h (12 kt) y componente transversal del viento no superior a 13 km/h (7 kt) a 10 m (33 ft) por encima del terreno durante el tiempo de atenuación de 10 dB con excepción de los helicópteros, en cuyo caso la velocidad del viento no puede exceder de 19 km/h (10 kt) y el componente transversal del viento no puede exceder de 9 km/h (5 kt) a 10 m (33 ft) por encima del terreno;

**Nota 1:** En el caso de los aviones, estos límites se basan en el uso de un anemómetro con detector incorporado que promedie a períodos constantes de 30 s. Si los períodos fueran más breves debe tenerse en cuenta el influjo de ráfagas de corta duración durante el período de atenuación de 10 dB y en tales casos la velocidad máxima de las ráfagas no debería exceder de 28 km/h (15 kt) y el valor máximo del promedio de viento no debería exceder de 22 km/h (12 kt). El valor máximo del componente transversal de una ráfaga de viento no debería exceder de 18 km/h (10 kt) y el valor máximo del promedio del componente transversal del viento no debería exceder de 13 km/h (7 kt).

**Nota 2:** El componente transversal del viento se obtiene a base de proyectar continuamente el vector de la velocidad del viento en la dirección transversal.

- (6) Ausencia de condiciones anómalas meteorológicas de viento que influirían notablemente en los niveles de ruido medidos en el momento de registro en los puntos de medición especificados por las autoridades encargadas de la homologación; y
- (7) Deben tomarse mediciones meteorológicas dentro de los 30 minutos posteriores a cada ensayo de medición del ruido; los datos meteorológicos se interpelarán a horas reales correspondientes a cada medición del ruido.
- (8) Cuando en virtud del literal (c) (4) el cálculo deba hacerse por capas múltiples, la atmósfera entre la aeronave y una altura de 10 m (33 ft) sobre el suelo se subdividirá en capas de igual espesor. El espesor de las capas se fijará a un valor no superior al de la capa más delgada a través de la cual el coeficiente de absorción atmosférica en la banda de un tercio de octava de 3 150 Hz no sea superior a  $\pm 0,5$  dB/100 m y dicho espesor no será inferior a 30 m (100 ft). Esto se aplicará en el trayecto de propagación en PNLTM.



# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

Para caracterizar las propiedades de absorción de cada capa puede utilizarse el promedio de los coeficientes de absorción atmosférica en la parte superior e inferior de cada capa.

- (d) En los ensayos de helicópteros se aplicarán los requisitos de (c) (2), (3) y (4) solamente en un punto a 10 m (33 ft) de altura sobre el terreno.
- (e) Se aprobará el uso de la torre de control del aeródromo u otra instalación como, emplazamiento central en el cual las mediciones de los parámetros atmosféricos sean representativos de las condiciones que reinan en la región geográfica en que se llevan a cabo las mediciones del ruido.

## 43. Medición de la trayectoria de vuelo

- (a) La altura y posición lateral de la aeronave con respecto a la derrota de vuelo se determinarán mediante un método independiente de los instrumentos normales de a bordo, por ejemplo, por seguimiento radar, triangulación con teodolito o fototelemetría, que han de aprobar las autoridades encargadas de la homologación.
- (b) Mediante señales de sincronización, se relacionará la posición de la aeronave a lo largo de la trayectoria de vuelo con el ruido registrado en los puntos de medición a una distancia suficiente para suministrar los datos necesarios durante el lapso en que el ruido difiera en menos de 10 dB del valor máximo de PNLT.
- (c) Los datos de posición y de performance que se necesitan para hacer los ajustes descritos en este apéndice, se registrarán automáticamente a un ritmo de muestreo aprobado. El equipo de medición será aprobado por las autoridades encargadas de la homologación.

## 44. Medición del ruido de las aeronaves percibido en tierra

### (a) Definiciones

- (1) **Ángulo de incidencia del sonido.** Un ángulo en grados entre el eje principal del micrófono, según lo definido en IEC 61094-31 e IEC 61094-41, en su forma enmendada, y una línea que va desde la fuente del ruido hasta el centro del diafragma del micrófono.

**Nota:** Cuando el ángulo de incidencia del sonido es de 0° se dice que el sonido ha sido percibido en el micrófono a una "incidencia normal (perpendicular)"; cuando el ángulo de incidencia del sonido es de 90°, se dice que el sonido ha sido percibido a una "incidencia tangencial".

- (2) **Diferencia de niveles.** Para cualquier frecuencia nominal de centro de banda de un tercio de octava, el nivel de la señal de salida, en decibeles, medido en cualquier gama de niveles, menos el nivel de la correspondiente señal de entrada eléctrica.
- (3) **Diferencia de niveles de referencia.** Para una frecuencia indicada, la diferencia de niveles, en decibeles, medida en una gama de niveles para una señal de entrada eléctrica



# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

correspondiente al nivel de presión acústica para calibración, ajustada según proceda, para la gama de niveles.

- (4) **Dirección de referencia.** La dirección de incidencia del ruido especificada en grados por el fabricante del micrófono, relativa al ángulo de incidencia del sonido de  $0^{\circ}$ , respecto a la cual el nivel de sensibilidad de campo libre del sistema de micrófonos está dentro de los límites de tolerancia especificados.
- (5) **Frecuencia de verificación para calibración.** La frecuencia nominal, en hertzios, de la señal de presión acústica sinusoidal producida por el calibrador de sonido.
- (6) **Gama de niveles.** Una gama de funcionamiento, en decibeles, determinada por el reglaje de los controles que han sido suministrados a un sistema de medición para el registro de un análisis de banda de tercio de octava de una señal de presión acústica. Se redondeará al nivel más cercano el límite superior correspondiente a cualquier gama particular de niveles.
- (7) **Gama de niveles de referencia.** La gama de niveles, en decibeles, para determinar la sensibilidad acústica del sistema de medición y que comprende el nivel de presión acústica para calibración.
- (8) **Gama lineal de funcionamiento.** Respecto a una gama de niveles y frecuencias indicadas, la gama de niveles, en decibeles, de las señales eléctricas sinusoidales de amplitud constante aplicadas a la entrada de la totalidad del sistema de medición, excluido el micrófono pero incluido el preamplificador de micrófono y todos los demás elementos de acondicionamiento de la señal que se consideran ser parte del sistema de micrófonos, que se extienden desde un límite mínimo a un límite máximo dentro del cual la no linealidad de los niveles está dentro de los límites de tolerancia especificados.

**Nota:** No es necesario incluir como configurados en el campo los cables de extensión de los micrófonos.

- (9) **Nivel de presión acústica para calibración.** El nivel de presión acústica, en decibeles, producido en condiciones de medio ambiente de referencia en la cavidad del acoplador del calibrador de sonido que se utiliza para determinar la sensibilidad acústica general de un sistema de medición.
- (10) **Nivel de sensibilidad de campo libre de un sistema de micrófonos.** Veinte veces el logaritmo de base 10, en decibeles, de la razón de la sensibilidad de campo libre de un sistema de micrófonos a la sensibilidad de referencia de un voltio por pascal.

**Nota:** Puede determinarse el nivel de sensibilidad de campo libre de un sistema de micrófonos sustrayendo el nivel de presión acústica (en decibeles re 20, uPa) del sonido incidente en el micrófono del nivel de voltaje (en decibeles re 1 V) a la salida del sistema de micrófonos y añadiendo al resultado 93,98 dB.

## REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

- (11) **No linealidad de los niveles.** La diferencia de niveles, en decibeles, medida en cualquier gama de niveles, a una frecuencia nominal indicada de centro de banda de un tercio de octava, menos la diferencia de los niveles de referencia correspondientes, expresándose todas las señales de entrada y de salida por relación a la misma cantidad de referencia.
- (12) **Pérdida por inserción de pantalla del viento.** Para una frecuencia nominal indicada de centro de banda de tercio de octava, y respecto a un ángulo de incidencia sonora indicado en el micrófono insertado, el nivel de presión acústica indicado, en decibeles, sin que esté instalada la pantalla del viento en torno al micrófono, menos el nivel de presión acústica con la pantalla de viento instalada.
- (13) **Promedio en el tiempo del nivel de presión acústica en la banda.** Diez veces el logaritmo de base 10, en decibeles, de la razón de la media cuadrática temporal de la presión acústica instantánea durante un intervalo de tiempo indicado y en una banda de un tercio de octava especificada, a la raíz cuadrada de la presión acústica de referencia de  $20 \text{ } \mu\text{Pa}$ .
- (14) **Sensibilidad de campo libre de un sistema de micrófonos** Para una onda sonora plana sinusoidal progresiva de la frecuencia especificada, a un ángulo de incidencia sonora especificado, el cociente medido en voltios por pascal, entre el voltaje de media cuadrática a la salida del sistema de micrófonos y la presión acústica de media cuadrática que existiría en la posición del micrófono de no estar presente la onda.
- (15) **Sistema de medición.** La combinación de instrumentos utilizados para la medición de los niveles de presión acústica, incluidos un calibrador acústico, pantalla de viento, sistema de micrófonos, dispositivos de registro y acondicionamiento de la señal y un sistema de análisis de la banda de tercio de octava.

**Nota:** En la práctica, pueden incluirse en las instalaciones varios sistemas de micrófonos, cuyos datos de salida serán registrados simultáneamente mediante un dispositivo de registro y análisis multicanal a través, según corresponda, de acondicionadores de la señal. Para los fines de esta sección, cada canal de medición completa se considerará como un sistema de medición al cual se aplican consiguientemente los requisitos.

- (16) **Sistema de micrófonos.** Los componentes del sistema de medición que producen una señal eléctrica de salida en respuesta a una señal de entrada de presión acústica, y entre los que se incluye en general un micrófono, un preamplificador, cables de extensión y otros dispositivos necesarios.
- (b) **Condiciones medioambientales de referencia.** Las condiciones medioambientales de referencia para especificar la actuación de un sistema de medición son las siguientes:
- (1) Temperatura del aire                      23°C
  - (2) Presión estática del aire 101,325 kPa

# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

- (3) Humedad relativa 50%

## (c) Generalidades

**Nota:** Las mediciones del ruido de las aeronaves cuando se utilizan instrumentos conformes a las especificaciones de este Apéndice, dan niveles de presión acústica en la banda de un tercio de octava en función del tiempo, para el cálculo del nivel efectivo de ruido percibido.

El sistema de medición constará de equipo aprobado por las autoridades encargadas de la certificación y será equivalente a lo siguiente:

- (1) Una pantalla de viento (véase 45.)
  - (2) Un sistema de micrófonos (véase 46.)
  - (3) Un sistema de registro y reproducción a fin de almacenar las señales medidas de ruido de las aeronaves para un análisis subsiguiente (véase 47.)
  - (4) Un sistema de análisis de banda de un-tercio de octava y;
  - (5) Sistemas de calibración para mantener la sensibilidad acústica de los sistemas indicados dentro de los límites de tolerancia especificados (véase 49.)
- (d) Respecto a cualquier componente del sistema de medición por el que se realice la conversión de la señal analógica a forma digital, tal conversión se efectuará de forma que los niveles de cualesquiera pseudoseñales o artefactos posibles del proceso de digitalización, serán inferiores al límite superior de la gama de funcionamiento lineal por lo menos en 50 dB, a cualquier frecuencia inferior a 12,5 kHz. El régimen de muestreo será por lo menos de 28 kHz. Se incluirá antes del proceso de digitalización un filtro de pseudoseñales.

## 45. Pantallas del viento

- (a) De no haber viento y para sonidos sinusoidales a un ángulo de incidencia tangencial, la pérdida por inserción causada por la pantalla del viento de un tipo indicado que se haya instalado en tomo al micrófono no excederá de  $\pm 1,5$  dB a las frecuencias nominales de centro de banda de un tercio de octava, desde 50 Hz hasta 10 kHz inclusive.

## 46. Sistema de micrófonos

- (a) El sistema de micrófonos se conformará a las especificaciones de (b) a (d). La autoridad encargada de la certificación puede aprobar diversos sistemas de micrófonos en base a la actuación electroacústica general equivalente que se haya demostrado. Cuando se utilizan dos o más sistemas de micrófonos del mismo tipo, es suficiente para demostrar la conformidad que se efectúe la demostración de que por lo menos uno de los sistemas se conforma plenamente a las especificaciones.

**Nota:** Esta demostración de actuación equivalente no suprime la necesidad de calibrar y verificar cada sistema según lo definido en 9.

# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

- (b) El micrófono se montará con el elemento censor a una altura de 1,2 m (4 ft) por encima de la superficie del terreno local y se orientará respecto a incidencia tangencial, es decir con el elemento censor esencialmente en el plano definido por la trayectoria de vuelo de referencia prevista de la aeronave y la estación de medición. El arreglo de montaje del micrófono será tal que se reduzca a un mínimo la interferencia de los soportes en el sonido que haya de medirse. En la Figura 2-1 se ilustran los ángulos de incidencia sonora en un micrófono.
- (c) El nivel de sensibilidad de campo libre del micrófono y del preamplificador en la dirección de referencia, por lo menos por toda la gama de frecuencias nominales de centro de banda de un tercio de octava desde 50 Hz hasta 5 kHz inclusive, estará dentro de  $\pm 1,0$  dB de la frecuencia de verificación para calibración y dentro de  $\pm 2,0$  dB de las frecuencias nominales de centro de banda de 6,3 kHz, 8 kHz y 10 kHz.
- (d) Respecto a ondas sonoras sinusoidales en cada frecuencia nominal de centro de banda de un tercio de octava por toda la gama desde 50 Hz hasta 10 kHz inclusive, los niveles de sensibilidad de campo libre del sistema de micrófonos a ángulos de incidencia sonora de  $30^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $120^\circ$  y  $150^\circ$ , no diferirán del nivel de sensibilidad de campo libre a un ángulo de incidencia sonora de  $0^\circ$  ("incidencia nominal") en más de los valores indicados en la Tabla 2-1. Las diferencias de nivel de sensibilidad de campo libre a ángulos de incidencias sonoras comprendidos entre cualesquiera dos ángulos de incidencia sonora adyacentes de la Tabla 2-1 no excederán del límite de tolerancia correspondiente al mayor de los ángulos.

## 47. Sistemas de registro y reproducción

- (a) Se utilizarán un sistema de registro y reproducción tal como una grabadora de cinta magnética digital o analógica, un sistema por computadora u otros dispositivos de almacenamiento permanente de datos, para guardar en memoria las señales de presión acústica para análisis subsiguientes. El sonido producido por la aeronave será registrado de tal modo que se conserve un registro de la totalidad de la señal acústica. Los sistemas de registro y reproducción se conformarán a las especificaciones de (b) a (g) a las velocidades de registro o con los regímenes de muestreo de datos utilizados en los ensayos de homologación en cuanto al ruido. Se demostrará la conformidad respecto de las anchuras de banda de frecuencia y respecto a los canales de registro seleccionados en los ensayos.

# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

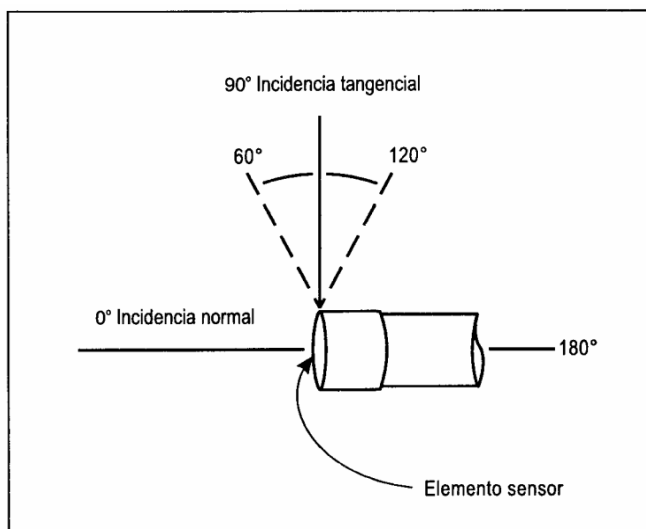


Figura 2-1. Ilustración de los ángulos de incidencia sonora en un micrófono

Tabla 2-1 Requisitos de respuesta direccional de los micrófonos

Frecuencia nominal de centro de banda kHz	Diferencia máxima entre el nivel de sensibilidad de campo libre de un sistema de micrófonos a un ángulo de incidencia normal y el nivel de sensibilidad de campo libre a ángulos de incidencia sonora determinados (dB)				
	Ángulo de incidencia sonora en grados				
	30	60	90	120	150
0,05 a 1,6	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0
2,0	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0
2,5	0,5	0,5	1,0	1,5	1,5
3,15	0,5	1,0	1,5	2,0	2,0
4,0	0,5	1,0	2,0	2,5	2,5
5,0	0,5	1,5	2,5	3,0	3,0
6,3	1,0	2,0	3,0	4,0	4,0
8,0	1,5	2,5	4,0	5,5	5,5
10,0	2,0	3,5	5,5	6,5	7,5

(b) Se calibrarán en la forma descrita en 7. los Sistemas de Registro y Reproducción.

**Nota:** Respecto a señales de ruido de aeronaves en las cuales los niveles espectrales de alta frecuencia disminuyen rápidamente al aumentar la frecuencia, pueden incluirse en el sistema de medición redes adecuadas de preénfasis y de énfasis complementarios. Si se incluye el preénfasis, en la gama de frecuencias nominales de centro de banda de un tercio de octava desde 800 Hz hasta 10 kHz inclusive, la ganancia eléctrica suministrada por la red preénfasis no excederá de 20 dB de la ganancia a 800 Hz.

## REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

- (c) Respecto a las señales eléctricas sinusoidales estacionarias aplicadas a la entrada de todo el sistema de medición, excluido el sistema de micrófonos, pero incluido el preamplificador de los micrófonos, y cualesquiera otros elementos de acondicionamiento de la señal que se consideren ser parte del sistema de micrófonos, a un nivel de señal seleccionado dentro de 5 dB del correspondiente al nivel de presión acústica de calibración en la gama de niveles de referencia, el nivel de la señal promediado en el tiempo indicado por el dispositivo de lectura en cualquier frecuencia nominal de centro de banda de un tercio de octava desde 50 Hz hasta 10 kHz inclusive, estará dentro de  $\pm 1,5$  dB del correspondiente a la frecuencia de verificación para calibración. La respuesta de frecuencia de un sistema de medición en el que se incluyan componentes que realizan la conversión de señales analógicas a forma digital estará dentro de  $\pm 0,3$  dB de la respuesta a 10 kHz en toda la gama de frecuencias desde 10 kHz hasta 11,2 kHz.

**Nota:** No es necesario incluir los cables de extensión de los micrófonos, según lo configurado en el campo.

- (d) Para grabaciones en cinta analógica, las fluctuaciones de amplitud de una señal sinusoidal de 1 kHz registradas dentro de 5 dB del nivel correspondiente al nivel de presión acústica para calibración no variarán en más de  $\pm 0,5$  dB en cualquier carrete de tipo de cinta magnética utilizado. Se demostrará la conformidad con este requisito mediante un dispositivo que tenga características de promedio de tiempo equivalentes a las del analizador del espectro.
- (e) En toda la gama adecuada de niveles y respecto a las señales eléctricas sinusoidales estacionarias aplicadas a la entrada del sistema de medición, excluido el sistema de los micrófonos, pero incluido el preamplificador de los micrófonos, y cualesquiera otros elementos de acondicionamiento de la señal que se consideren ser parte del sistema de micrófonos, en cualquiera de las frecuencias nominales de centro de banda de un tercio de octava de 50 Hz, 1 kHz y 10 kHz, y de la frecuencia de verificación para calibración que no sea ninguna de estas frecuencias, la no linealidad del nivel no excederá de  $\pm 0,5$  dB para una gama de funcionamiento lineal de por lo menos 50 dB por debajo del límite superior de la gama de niveles.

**Nota 1:** La linealidad de nivel de los componentes del sistema de medición debería someterse a ensayo de conformidad con los métodos descritos en IEC 61265<sup>3</sup> en su forma enmendada.

**Nota 2:** No es necesario incluir los cables de extensión de los micrófonos según lo configurado en el campo.

- (f) En la gama de niveles de referencia, el nivel correspondiente al nivel de presión acústica para calibración será por lo menos de 5 dB, pero no inferior en menos de 30 dB al límite superior de la gama de niveles.
- (g) Las gamas de funcionamiento lineal en las gamas de niveles adyacentes, se superpondrán por lo menos 50 dB menos el cambio de atenuación introducido por una modificación de los controles de gama de niveles.

# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

**Nota:** Es posible que un sistema de medición tenga controles de gama de niveles que permitan cambios de atenuación de 10 dB o 1 dB, por ejemplo. A incrementos de 10 dB, la superposición mínima requerida sería de 40 dB, y a incrementos de 1 dB la superposición mínima sería de 49 dB.

- (h) Debe preverse que ocurra una indicación de sobrecarga durante una condición de sobrecarga en cualquier gama de niveles pertinente.
- (i) Los atenuadores incluidos en el sistema de medición permitirán que funcionen modificaciones de la gama de niveles a intervalos conocidos de incrementos de decibeles.

## 48. Sistemas de análisis

- (a) El sistema de análisis se conformará a las especificaciones de (b) a (e), para las anchuras de banda de frecuencias, configuraciones de canales y reglajes de ganancia utilizados en el análisis.
- (b) La salida del sistema de análisis consistirá en niveles de presión acústica en la banda de un tercio de octava en función del tiempo obtenidos mediante el procesamiento de las señales de ruido (preferiblemente grabadas) mediante un sistema de análisis que tenga las características siguientes:
  - (1) Un conjunto de 24 filtros de banda de un tercio de octava o su equivalente, que tengan frecuencias nominales de centro de banda desde 50 Hz hasta 10 kHz inclusive;
  - (2) Características de respuesta y de promediación en las que en principio la salida desde cualquier banda de un tercio de octava se eleve al cuadrado, se promedie y presente en pantalla o almacene como niveles de presión acústica promediados en el tiempo;
  - (3) El intervalo entre muestras sucesivas de niveles de presión acústica será de 500 ms  $\pm$  5 ms para el análisis espectral, con o sin ponderación de tiempo LENTA;
  - (4) En el caso de sistemas de análisis en los que no se procesen las señales de presión acústica durante el período de tiempo requerido para la lectura o el cambio de reglaje del analizador, la pérdida de datos no excederá de una duración de 5 ms; y
  - (5) El sistema de análisis funcionará en tiempo real desde 50hz hasta por lo menos 12 kHz Inclusive. Este requisito se aplica a todos los canales en funcionamiento de un sistema de análisis espectral multicanal.
- (c) El sistema de análisis de banda de tercio de octava se conformará por lo menos a los requisitos de actuación eléctrica de clase 2 de IEC 61260<sup>4</sup> en la forma enmendada, en toda la gama de frecuencias nominales de centro de banda de un tercio de octava desde 50 Hz hasta 10 kHz inclusive.

**Nota:** Los ensayos del sistema de análisis de banda de un tercio de octava deberían efectuarse de conformidad con los métodos descritos en IEC 61260<sup>4</sup> o con un procedimiento equivalente aprobado por la autoridad que otorga la certificación, respecto a la atenuación relativa, a filtros de pseudoseñal,



## REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

a funcionamiento en tiempo real, a linealidad de niveles y a respuesta integrada de filtro (anchura de banda eficaz).

- (d) Cuando se promedie en el analizador de tiempo LENTO, la respuesta del sistema de análisis de banda de un tercio de octava a una activación o interrupción repentina de una señal sinusoidal constante, a la frecuencia nominal de centro de banda de un tercio de octava respectiva, se medirá a instantes de muestreo 0,5, 1, 1,5 y 2 segundos después de la activación y de 0,5 y 1 segundos después de la interrupción. La respuesta de ascenso será de  $-4 \pm 1$  dB a 0,5 segundos,  $-1,75 \pm 0,75$  dB a 1 segundos,  $-1 \pm 0,5$  dB a 1,5 segundos y  $-0,5 \pm 0,5$  dB a 2 segundos relativa al nivel de estado estacionario. La respuesta de descenso será tal que la suma de los niveles de señal de salida relativa al nivel inicial de estado estacionario y la lectura correspondiente de respuesta de ascenso sea de  $-6,5 \pm 1$  dB, a ambos 0,5 y 1 segundos. Posteriormente la suma de las respuestas de ascenso y de descenso serán de  $-7,5$  dB o menos. Esto equivale a un proceso de promedio exponencial (ponderación LENTA) con una constante nominal de tiempo de 1 segundo (es decir tiempo promedio de 2 segundos).
- (e) Cuando se determinen los niveles de presión acústica de banda de un tercio de octava desde la salida del analizador sin ponderación de tiempo LENTO, se simulará la ponderación de tiempo LENTO en el procesamiento subsiguiente. Pueden obtenerse los niveles simulados de presión acústica de ponderación LENTA mediante un proceso de promedio exponencial continuo aplicándose la siguiente ecuación:

$$L_s(i,k) = 10 \log [(0,60653) 10^{0,1L_s(i,k-1)} \\ (0,39347) 10^{0,1L(i,k)}]$$

siendo  $L_s(i,k)$  el nivel de presión acústica de ponderación LENTA simulado y  $L(i,k)$  el nivel de presión acústica en el promedio de tiempo medido de 0,5 segundos determinado desde la salida del analizador para el instante k de tiempo y para la banda i de un tercio de octava. Para  $k = 1$ , la presión acústica de ponderación LENTA  $L_s [i, (k-1 = 0)]$  al lado derecho se pondrá a 0 dB.

Mediante la siguiente ecuación se representa una aproximación al promedio exponencial continuo en un proceso de promedio de cuatro muestras para  $k = 4$ :

$$L_s(i,k) = 10 \log [(0,13) 10^{0,1L(i,k-3)} + \\ (0,21) 10^{0,1L(i,k-2)} + (0,27) 10^{0,1L(i,k-1)} + \\ (0,39) 10^{0,1L(i,k)}]$$

siendo  $L_s(i,k)$  el nivel de presión acústica acumulado de ponderación LENTA y  $L(i,k)$  el nivel de presión acústica medido en un promedio de tiempo de 0,5 segundos, determinado desde la salida del analizador para el instante k de tiempo y la banda i de un tercio de octava.

La suma de los factores de ponderación es 1,0 en las dos ecuaciones. Los niveles de presión acústica calculados mediante una u otra de las ecuaciones son válidos para la sexta y

# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

subsiguientes muestras de datos de 0,5 segundos o para tiempos superiores a 2,5 segundos después de iniciarse el análisis de datos.

**Nota:** Se calcularon los coeficientes de las dos ecuaciones para ser utilizados en la determinación de los niveles equivalentes de presión acústica de ponderación LENTA a partir de muestras de niveles de presión acústica en un promedio de tiempo de 0,5 segundos. No deberían utilizarse las ecuaciones con muestras de datos en los que el tiempo promedio difiera de 0,5 segundos.

- (f) El instante de tiempo en el cual un nivel de presión acústica de ponderación de tiempo LENTA estará caracterizado por 0,75 segundos antes del tiempo real de lectura.

**Nota:** Se requiere la definición de este instante de tiempo para correlacionar el ruido registrado en la posición de la aeronave cuando el ruido fue emitido y para tener en cuenta el tiempo promedio de la ponderación LENTA. Para cada registro de datos de 1/2 segundo, este instante de tiempo puede también ser identificado como 1,25 segundos después del inicio del período correspondiente de promedio de 2 segundos.

- (g) La resolución de los niveles de presión acústica, presentados y almacenados, será de 0,1 dB o mejor.

## 49. Sistemas de calibración

- (a) Se determinará la sensibilidad acústica del sistema de medición mediante un calibrador de sonido que genere un nivel conocido de presión acústica a una frecuencia conocida. El calibrador de sonido se conformará por lo menos a los requisitos de la Clase 1L de IEC 60942<sup>s</sup> en su forma enmendada.

## 50. Calibración y verificación del sistema

- (a) Se realizará la calibración y verificación del sistema de medición y de sus componentes constituyentes a satisfacción de las autoridades encargadas de la certificación por los métodos especificados en (b) a (j). Los ajustes de calibración, incluidos los correspondientes a efectos ambientales en el nivel de salida del calibrador de sonido se notificarán a las autoridades encargadas de la certificación y se aplicarán a los niveles medidos de presión acústica de un tercio de octava determinados a la salida del analizador. Los datos recopilados durante una indicación de sobrecarga serán inválidos y no serán utilizados. Si la condición de sobrecarga ocurrió durante la grabación, se considerarán los datos de ensayos correspondientes como inválidos, mientras que si la sobrecarga ocurrió durante el análisis, este se repetirá con menor sensibilidad para eliminar la sobrecarga.
- (b) La respuesta de frecuencia de campo libre del sistema de micrófonos puede determinarse utilizando un activador electroestático en combinación con los datos del fabricante o mediante ensayos en una instalación de campo libre sin ecos. Se determinará la corrección para respuesta de frecuencia dentro de 90 días de cada serie de ensayos. La corrección para respuesta de frecuencia no uniforme del sistema de micrófonos será notificada a las autoridades encargadas de la certificación y aplicada a los niveles medidos de presión acústica de banda de un tercio de octava determinados a la salida del analizador.

## REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

- (c) Cuando los ángulos de incidencia del sonido emitido por la aeronave estén dentro de  $\pm 30^\circ$  del ángulo de incidencia tangencial en el micrófono (véase la figura 2-1), un solo conjunto de correcciones de campo libre basadas en el ángulo de incidencia tangencial se considerarán suficientes para la corrección de efectos de respuesta direccional. En los demás casos se determinará el ángulo de incidencia para cada muestra de 1/2 segundo y se aplicará para la corrección de efectos de incidencia.
- (d) En el caso de registradores de cinta magnética analógica, cada carrete de cinta magnética portará por lo menos 30 segundos de ruido aleatorio rosa o de ruido pseudoaleatorio al principio y al fin. Se aceptarán los datos obtenidos de las señales registradas en cinta magnética analógica como fiables solamente si las diferencias de nivel en la banda de un tercio de octava de 10 kHz son de más de 0,75 dB para las señales registradas al principio y al fin.
- (e) La respuesta de frecuencia de la totalidad del sistema de medición desplegado en el campo durante la serie de ensayos, excluido el micrófono, se determinará a un nivel dentro de 5 dB del nivel correspondiente al nivel de presión acústica para calibración en la gama de niveles utilizada durante los ensayos para cada frecuencia nominal de centro de banda de un tercio de octava desde 50 Hz hasta 10 kHz inclusive, utilizándose el ruido aleatorio rosa o el ruido pseudoaleatorio. La salida del generador de ruido se determinará mediante un método que pueda referirse a un laboratorio nacional de normas en un plazo de seis meses de cada serie de ensayos y los cambios admisibles en la salida relativa respecto a la calibración anterior en cada banda de un tercio de octava no serán de más de 0,2 dB. Se notificará la corrección para respuesta de frecuencia a la autoridad encargada de la certificación y se aplicará a los niveles medidos de presión acústica de un tercio de octava determinados a la salida del analizador.
- (f) La actuación de los atenuadores conmutados en el equipo utilizado durante las mediciones y para la homologación en cuanto al ruido y la calibración se verificarán en un plazo de seis meses de cada serie de ensayos para asegurar que el error máximo no excede de 0,1 dB.
- (g) El nivel de presión acústica producido en la cavidad del acoplador del calibrador de sonido se calculará en las condiciones ambientales de ensayo usándose la información proporcionada por el fabricante acerca del influjo de la presión atmosférica y de la temperatura del aire. Se utilizará el nivel de presión acústica para establecer la sensibilidad acústica del sistema de medición. Se determinará la salida del calibrador de sonido mediante un método que pueda referirse a un laboratorio nacional de normas en un plazo de seis meses de cada serie de ensayos, y los cambios admisibles a la salida respecto a la calibración anterior no serán de más de 0,2 dB.
- (h) Se efectuará un número suficiente de calibraciones del nivel de presión acústica durante cada día de ensayo para asegurar que se conoce la sensibilidad acústica del sistema de medición en las condiciones ambientales reinantes que correspondan a cada serie de ensayos. El sistema de medición se considerará satisfactorio si no es superior a 0,5 dB la diferencia entre los niveles de sensibilidad acústica registrados inmediatamente antes e inmediatamente después de cada serie de ensayos en determinado día. Se aplica el límite de 0,5 dB después de que se hayan determinado, para el nivel de salida del calibrador, cualesquiera correcciones de la presión atmosférica. La media aritmética de las mediciones antes y después se utilizará para representar el nivel de sensibilidad acústica del sistema de medición correspondiente a

## REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

esa serie de ensayos. Se notificarán las correcciones de calibración a las autoridades encargadas de la certificación y se aplicarán a los niveles medidos de presión acústica en la banda de un tercio de octava determinados a la salida del analizador.

- (i) Cada medio de grabación tal como carrete, bobina, casete o disquete portará una calibración de nivel de presión acústica por lo menos de 10 segundos de duración al principio y al fin.
- (j) La pérdida de campo libre por inserción de la pantalla de ruido, para cada frecuencia nominal de centro de banda de un tercio de octava desde 50 Hz hasta 10 kHz inclusive, será determinada con las señales sonoras sinusoidales a ángulos de incidencia adecuados en el micrófono insertado. Para una pantalla del viento que no esté dañada ni contaminada, la pérdida por inserción puede tomarse de los datos del fabricante. Además, la pérdida por inserción de la pantalla de ruido puede determinarse mediante un método que pueda referirse a un laboratorio nacional de normas en un plazo de seis meses de cada serie de ensayos y los cambios admisibles en la pérdida de inserción respecto a la calibración anterior en cada banda de frecuencia de un tercio de octava no será de más de 0,4 dB. La corrección para la pérdida por inserción de campo libre de la pantalla de viento se notificará a las autoridades encargadas de la certificación y se aplicará a los niveles medidos de presión acústica de un tercio de octava determinados a la salida del analizador.

### 51. Ajustes por el ruido ambiente

- (a) Se registrará (por lo menos durante 10 segundos) el ruido ambiente, incluidos el ruido de fondo acústico y el ruido eléctrico del sistema de medición en los puntos de medición, con la ganancia del sistema puesta a los niveles utilizados para las mediciones del ruido de aeronaves, en horas apropiadas durante cada día de ensayo. El ruido ambiente será representativo del ruido de fondo acústico que exista durante el recorrido de ensayo en sobrevuelo. Los datos de ruido registrados de la aeronave se aceptarán solamente si los niveles de ruido ambiente cuando se analizan del mismo modo y se citan en PNL están por lo menos a 20 dB por debajo del PNL máximo de la aeronave.
- (b) Los niveles de presión acústica de la aeronave dentro de puntos de disminución de 10 dB excederán del promedio de niveles de ruido ambiente determinado anteriormente por lo menos en 3 dB en cada banda de un tercio de octava o se ajustarán mediante el método descrito en el Apéndice 3 del *Manual Técnico-Ambiental sobre aplicación de los procedimientos de homologación de las aeronaves en cuanto al ruido* (Doc. 9501), el cual se adopta para Colombia.

### 52. Cálculo del nivel efectivo de ruido percibido a partir de los datos de medición de ruido

- (a) **Generalidades.** El elemento básico en los criterios que rigen para la homologación en cuanto al ruido, será la medida de evaluación del ruido denominada nivel efectivo de ruido percibido, EPNL, expresada en unidades EPNdB, la cual viene dada por un número evaluador de los efectos subjetivos del ruido de las aeronaves sobre los seres humanos. Dicho sencillamente, el EPNL será el nivel instantáneo del ruido percibido, PNL, corregido para tomar en consideración la duración y las irregularidades espectrales (la corrección,

## REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

denominada "factor de corrección por tono", sólo se hace para el tono máximo en cada incremento de tiempo).

- (b) Se medirán tres propiedades físicas básicas de la presión acústica: el nivel, la distribución de frecuencias y la variación en función del tiempo. Más concretamente, se requerirá el nivel de presión acústica instantáneo en cada una de las 24 bandas de tercio de octava para 500 ms de incremento de tiempo durante las mediciones del ruido de la aeronave.
- (c) El procedimiento de cálculo, que se vale de mediciones físicas del ruido para deducir el EPNL a fin de evaluar la respuesta subjetiva, constará de las cinco operaciones siguientes:
- (1) Los niveles de presión acústica en las 24 bandas de tercio de octava se convierten por medio de los métodos de Tablas NOY en ruidosidad percibida. Primero se combinan los valores *noy* y luego se convierten en niveles instantáneos de ruido percibido PNL(k);
  - (2) Se calcula un factor de corrección por tono, C(k) para cada espectro, a fin de tener en cuenta la reacción subjetiva a la presencia de irregularidades espectrales;
  - (3) Se suma el factor de corrección por tono al nivel del ruido percibido para obtener niveles de ruido percibido corregidos por tono PNLT(k) cada incremento de tiempo de medio segundo:

$$PNLT(k) = PNL(k) + C(k)$$

Se obtienen los valores instantáneos del nivel de ruido percibido corregido por tono y se determina el valor máximo PNLTM;

- (4) Integrando por debajo de la curva que representa el nivel de ruido percibido corregido por tono en función del tiempo, se calcula un factor de corrección por duración D; y
- (5) El nivel efectivo de ruido percibido, EPNL, se determina mediante la suma algebraica del nivel máximo de ruido percibido corregido por tono y del factor de corrección por duración:

$$EPNL = PNLTM + D$$

- (d) **Nivel de ruido percibido.** Los niveles instantáneos de ruido percibido PNL(k), se calcularán a partir de los niveles instantáneos de presión acústica de banda de tercio de octava, SPL (i,k), del modo siguiente:

**Operación 1:** Conviértase el SPL(ik) de cada banda de tercio de octava, de 50 a 10 000 Hz, en ruidosidad percibida *n* (i,k), valiéndose de la Tabla A4-1 de ruidosidad percibida en el Apéndice 4 del *Manual Técnico-Ambiental sobre aplicación de los procedimientos de homologación de las aeronaves en cuando al ruido* (Doc. 9501), o de la formulación matemática que figura en la tabla de valores NOY.

# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

**Operación 2:** Usando la fórmula que sigue, combínense los valores de ruidosidad percibida  $n(i,k)$  hallados en la operación 1:

$$N(k) = n(k) + 0,15 \left\{ \left[ \sum_{i=1}^{24} n(i,k) \right] - n(k) \right\}$$

$$N(k) = 0,85 n(k) + 0,15 \sum_{i=1}^{24} n(i,k)$$

donde  $n(k)$  es el mayor de los 24 valores de  $n(k)$  y  $N(k)$  es la ruidosidad percibida total.

**Operación 3:** Conviértase la ruidosidad total  $N(k)$ , en nivel de ruido percibido  $PNL(k)$ , mediante la fórmula:

$$PNL(k) = 40,0 + \frac{10}{\log 2} \log N(k)$$

**Nota:**  $PNL(k)$  está representada gráficamente en la figura A4-1 del Apéndice 4 del Doc. 9501

## (e) Corrección para tener en cuenta irregularidades espectrales

(1) El ruido que tenga marcadas irregularidades espectrales (por ejemplo, los componentes máximos de frecuencia discreta o tonos), se ajustará por medio del factor de corrección  $C(k)$ , que se calcula como sigue:

**Operación 1:** Excepto en el caso de los helicópteros que comienzan a 50 Hz (banda número 1), comiencese con el nivel de presión acústica corregido en la banda de tercio de octava de 80 Hz (banda número 3), calcúlense los cambios de nivel de presión acústica (o las "pendientes") en las demás bandas, como sigue:

$$\begin{aligned} s(3,k) &= \text{sin ningún valor} \\ s(4,k) &= SPL(4,k) - SPL(3,k) \\ s(i,k) &= SPL(i,k) - SPL(i-1,k) \\ s(24,k) &= SPL(24,k) - SPL(23,k) \end{aligned}$$

**Operación 2:** Enciérrese en un círculo el valor de la pendiente,  $s(i,k)$ , cuando el valor absoluto del cambio de pendiente sea mayor que cinco, es decir:

$$|s(i,k)| = |s(i,k) - s(i-1,k)| > 5$$

# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

## Operación 3.

- (1) Si el valor de la pendiente  $s(i,k)$  encerrado en el círculo es positivo y algebraicamente es mayor que la pendiente,  $s(i-1, k)$  inclúyase en el círculo SPL  $(i,k)$ .
- (2) Si el valor de la pendiente  $s(i,k)$  encerrado en el círculo es 0 ó negativo y la pendiente  $s(i-1,k)$  es positiva, trácese un círculo alrededor de SPL  $(i-1,k)$ .
- (3) En todos los demás casos, no se pondrá círculo alguno en los valores de nivel de presión acústica.

## Operación 4. Calcúlense nuevos niveles ajustados de presión acústica $SPL'(i,k)$ como sigue:

- (1) Respecto a los niveles de presión acústica no encerrados en círculos, iguálense los nuevos niveles a los niveles originales:  $SPL'(i,k) = SPL(i,k)$ .
- (2) Por lo que toca a los niveles de presión acústica, encerrados en círculos correspondientes a las bandas 1 a 23 inclusive, iguálase el nuevo nivel de presión acústica a la media aritmética de los niveles precedente y subsiguiente:

$$SPL'(i,k) = \frac{1}{2} [SPL(i-1,k) + SPL(i+1,k)]$$

- (3) Si el nivel de presión acústica en la banda de la frecuencia más elevada ( $i = 24$ ) figura dentro de un círculo, el nuevo nivel de presión acústica, en esa banda resultará:

$$SPL'(24,k) = SPL(23,k) + s(23,k)$$

## Operación 5. Procediendo como se indica a continuación, calcúlense las nuevas pendientes $s'(i,k)$ , incluyendo una para una banda 25 imaginaria:

$$\begin{aligned} s'(3,k) &= s'(4,k) \\ s'(4,k) &= SPL'(4,k) - SPL'(3,k) \\ &\vdots \\ s'(i,k) &= SPL'(i,k) - SPL'(i-1,k) \\ &\vdots \\ s'(24,k) &= SPL'(24,k) - SPL'(23,k) \\ s'(25,k) &= s'(24,k) \end{aligned}$$

## Operación 6. Respecto a $i$ calcúlese desde 3 hasta 23 (o desde 1 a 23 para los helicópteros) la media aritmética de las tres pendientes contiguas, como sigue:

$$s(i,k) = \frac{1}{3} [s'(i,k) + s'(i+1,k) + s'(i+2,k)]$$



## REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

**Operación 7.** Calcúlense los niveles finales de presión acústica de banda de tercio de octava,  $SPL''(i,k)$ , comenzando con la banda número 3 (o la banda número 1 para los helicópteros) y procediendo hacia la banda número 24 como sigue:

$$SPL''(3,k) = SPL(3,k)$$

$$SPL''(4,k) = SPL''(3,k) + s(3,k)$$

$$SPL''(i,k) = SPL''(i-1,k) + s(i,k)$$

$$SPL''(24,k) = SPL''(23,k) + s(23,k)$$

**Operación 8.** Calcúlense las diferencias  $F(i,k)$  entre el nivel de presión acústica original y el nivel final de presión acústica de fondo, como sigue:

$$F(i,k) = SPL(i,k) - SPL''(i,k)$$

y anótense solo los valores iguales o mayores a uno y medio.

**Operación 9.** Sirviéndose de las diferencias de nivel de presión acústica,  $F(i,k)$  y de la Tabla 2-2 determínense los factores de corrección por tono para cada una de las bandas (3 a 24) de tercio de octava pertinentes.

**Operación 10.** Designese como  $C(k)$  el mayor de los factores de corrección por tono, determinados en la operación 9. en la tabla A4-2 del apéndice 4 del Doc. 9502 se encontrará un ejemplo del procedimiento de corrección por tono.

Los niveles de ruido percibido corregidos por tono  $PNL(k)$ , se determinarán sumando los valores  $C(k)$  a los correspondientes valores  $PNL(k)$ , es decir:

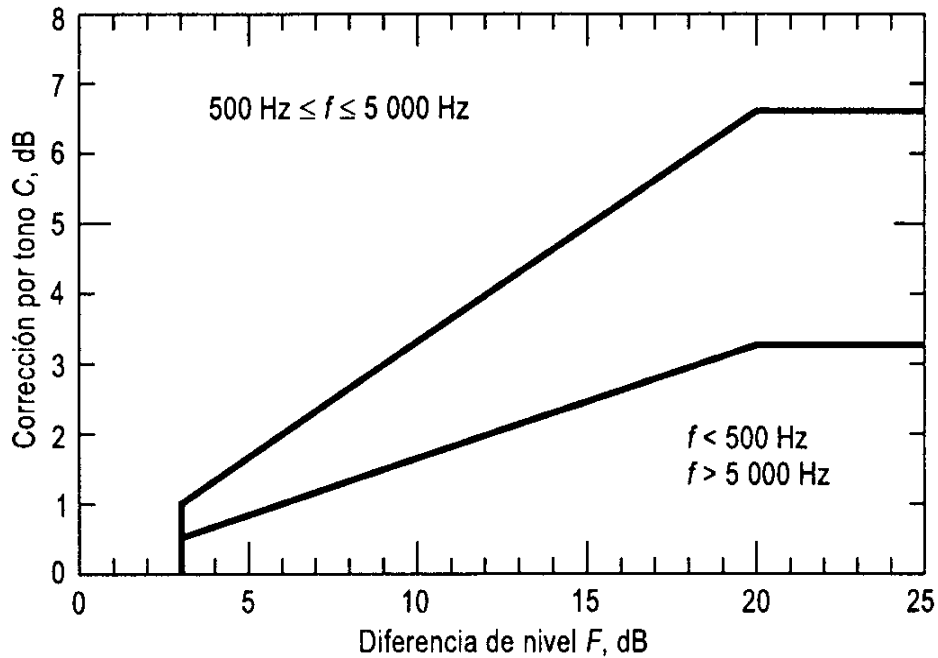
$$PNL(k) = PNL(k) + C(k)$$

Si, en alguna banda de tercio de octava de orden  $i$ , para cualquier incremento de tiempo de orden  $k$  se sospechase que el factor de corrección por tono es el resultado de algo que no es un tono verdadero, o que proviene de algún fenómeno adicional a tal tono (o de alguna irregularidad espectral distinta del ruido de aeronaves), puede hacerse un análisis adicional usando un filtro que tenga un anchura de banda inferior a un tercio de octava. Si el análisis de banda estrecha confirmase las sospechas, se determinará un valor revisado para el nivel de presión acústica de fondo  $SPL''(i,k)$  y se utilizará para calcular un factor de corrección por tono, para la banda de un tercio de octava de que se trate.

# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

**Nota:** Para rechazar correcciones espurias por tono, se pueden usar otros métodos, tales como los descritos en el apéndice 2 del Manual Técnico-Ambiental sobre aplicación de los procedimientos de homologación de las aeronaves en cuanto al ruido.

**Tabla 2-2. Factores de corrección por tono**



Frecuencia $f$ , Hz	Diferencia de nivel $F$ , dB	Corrección por tono $C$ , dB
$50 \leq f < 500$	$1\frac{1}{2}^* \leq F < 3$	$F/3 - \frac{1}{2}$
	$3 \leq F < 20$	$F/6$
	$20 \leq F$	$3\frac{1}{3}$
$500 \leq f \leq 5\,000$	$1\frac{1}{2}^* \leq F < 3$	$2 F/3 - 1$
	$3 \leq F < 20$	$F/3$
	$20 \leq F$	$6\frac{2}{3}$
$5\,000 < f \leq 10\,000$	$1\frac{1}{2}^* \leq F < 3$	$F/3 - \frac{1}{2}$
	$3 \leq F < 20$	$F/6$
	$20 \leq F$	$3\frac{1}{3}$

\* Véase la operación 8, 4.3.1.

## REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

- (f) Este procedimiento subestimaré el EPNL si un tono importante tuviera una frecuencia tal que se encontrara registrado en dos bandas de tercio de octava adyacentes. Se demostrará de manera satisfactoria para las autoridades encargadas de la homologación:

*O bien* que esto no ha tenido lugar, *o que*, si aconteciera, la corrección por tono se ha llevado al valor que se hubiera tenido si el tono se hubiera registrado totalmente en una sola banda de tercio de octava.

(g) **Nivel máximo de ruido percibido corregido por tono**

- (1) Este nivel, que se designa con las siglas PNLTM, será el valor máximo calculado del nivel de ruido percibido corregido por tono PNLTK. Se calculará de acuerdo con el procedimiento de (f). Para obtener una evolución del ruido en función del tiempo que resulte satisfactoria, se harán mediciones a intervalos de 500 ms.

**Nota 1:** La Figura 2-2, que muestra claramente el valor máximo, es un ejemplo de la evolución del ruido de sobrevuelo en función del tiempo.

**Nota 2:** Si no hay un factor de corrección por tono, PNLTM equivaldría a PNLN.

- (2) Una vez obtenido el valor PNLTM, se indica la banda de frecuencias para el factor mayor de corrección por tono respecto a dos muestras de datos en los 500 ms precedentes y a dos en los 500 ms subsiguientes. Esto se hace para averiguar si es posible la supresión del tono en PNLTM compartiendo la banda de tercio de octava de este tono. Si el factor de corrección por tono C(k) correspondiente al PNLTM es menor que el promedio de C(k) para cinco intervalos de tiempo consecutivos se utilizará el promedio de C(k) para calcular el nuevo PNLTM.

(h) **Corrección por duración**

- (1) El factor de corrección por duración D, determinado por integración estará definido por la expresión:

$$D = 10 \log \left[ \left( \frac{1}{T} \right) \int_{t_1}^{t_2} \text{antilog} \frac{\text{PNLTK}}{10} dt \right] - \text{PNLTM}$$

donde  $T$  es una constante de tiempo normalizada, PNLTM es el valor máximo de PNLTK,  $t_1$  es el primer punto de tiempo después del cual PNLTK excede de PNLTM - 10 y  $t_2$  es el punto de tiempo después del cual PNLTK permanece constantemente inferior a PNLTM - 10.

- (2) Como PNLTK se calcula a partir de los valores medidos de SPL, por lo general no se dispondrá de ecuación apropiada para expresar PNLTK en función del tiempo. En consecuencia, la ecuación anterior se escribirá de nuevo con el signo de suma en vez del de integración, como sigue:

## REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

$$D = 10 \log \left[ \left( \frac{1}{T} \right) \sum_{k=0}^{d/\Delta t} \Delta t \cdot \text{antilog} \frac{\text{PNLT}(k)}{10} \right] - \text{PNLTM}$$

donde  $t$  es la duración de los incrementos iguales de tiempo para los cuales se calcula  $\text{PNLT}(k)$  y  $d$  es el intervalo redondeado al 0,5 segundos más próximo durante el cual  $\text{PNLT}(k)$  permanece superior o igual a  $\text{PNLTM}-10$ .

(3) Para obtener un historial satisfactorio del nivel de ruido percibido, se usarán:

- (i) Intervalos  $\Delta t$ , de medio segundo; o
- (ii) Un intervalo más corto, con límites y constantes aprobados.

(4) Al calcular D se usarán los siguientes valores para  $T$  y  $\Delta t$ , según el procedimiento indicado.

$$T = 10 \text{ s,} \\ \text{y} \\ \Delta t = 0,5 \text{ s}$$

Con dichos valores, la ecuación de D resulta ser

$$D = 10 \log \left[ \sum_{k=0}^{2d} \text{antilog} \frac{\text{PNLT}(k)}{10} \right] - \text{PNLTM} - 13$$

donde  $d$  es la duración definida por los puntos correspondientes a los valores  $\text{PNLTM}-10$ .

(5) Si en los procedimientos dados en (3), los límites de  $\text{PNLTM} - 10$  se encuentran entre los valores  $\text{PNLT}(k)$  calculados (que será el caso corriente), los valores de  $\text{PNLT}(k)$  que definan los límites del intervalo de duración se elegirán de entre los valores de  $\text{PNLT}(k)$  más próximos a  $\text{PNLTM} - 10$ . En los casos en que exista más de un valor cresta del  $\text{PNLT}(k)$ , se deberán elegir aquellos límites aplicables que produzcan el valor más elevado posible para el tiempo de duración.

- (i) **Nivel efectivo de ruido percibido.** El efecto subjetivo total del ruido que produce una aeronave, denominado "nivel efectivo de ruido percibido", EPNL, será igual a la suma algebraica del valor máximo del nivel de ruido percibido corregido por tono,  $\text{PNLTM}$ , y de la corrección por duración D, es decir

# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

$$EPNL = PNLTM + D$$

donde PNLTM y  $D$  se calculan de acuerdo con los procedimientos indicados en (d),(e) (f), (g), (h) (i).

(j) **Formulación matemática de las tablas NOY**

(1) La relación entre el nivel de presión acústica (SPL) y el logaritmo de la ruidosidad percibido se ilustra en la Tabla 2-3 y la Figura 2-3.

(2) Los aspectos importantes de la formulación matemática son los siguientes:

- (i) Las pendientes de las rectas [ $M(b)$ ,  $M(c)$ ,  $M(d)$  y  $M(e)$ ];
- (ii) Las intersecciones [ $SPL(b)$  y  $SPL(c)$ ] de las rectas con el eje SPL; y
- (iii) Las coordenadas de los puntos de discontinuidad,  $SPL(a)$  y  $\log n(a)$ ;  $SPL(d)$  y  $\log n = (a)$ ;  $SPL(d) = -1,0$ ; y  $SPL(e)$  y  $\log n = \log(0,3)$ .

(3) Las ecuaciones son las siguientes:

- a)  $SPL \geq SPL(a)$   
 $n = \text{antilog} \{M(c) [SPL - SPL(c)]\}$
- b)  $SPL(b) \leq SPL < SPL(a)$   
 $n = \text{antilog} \{M(b) [SPL - SPL(b)]\}$
- c)  $SPL(e) \leq SPL < SPL(b)$   
 $n = 0,3 \text{ antilog}_{10} \{M(e) [SPL - SPL(e)]\}$
- d)  $SPL(d) \leq SPL < SPL(e)$   
 $n = 0,1 \text{ antilog} \{M(d) [SPL - SPL(d)]\}$

(4) En la Tabla 2-3 figuran los valores de las constantes necesarias para calcular la ruidosidad percibida en función del nivel de presión acústica.

# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

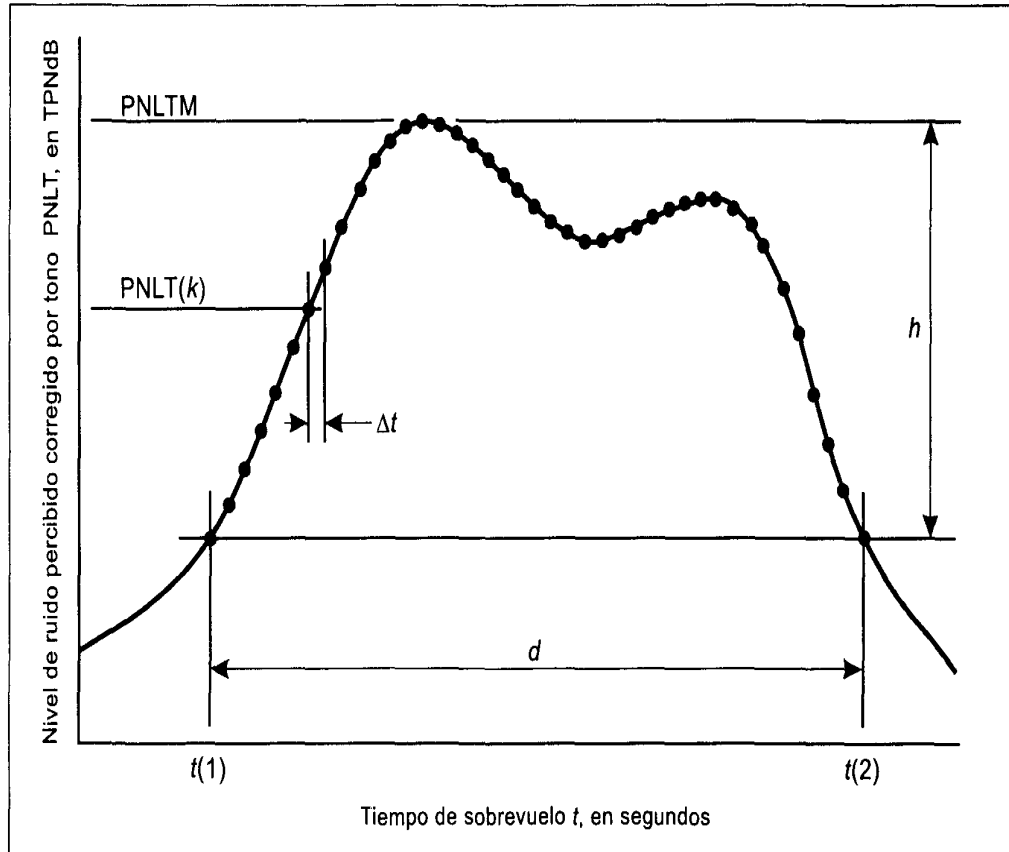


Figura 2-2. Ejemplo del nivel de ruido percibido corregido por tono, en función del tiempo de sobrevuelo del avión

# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

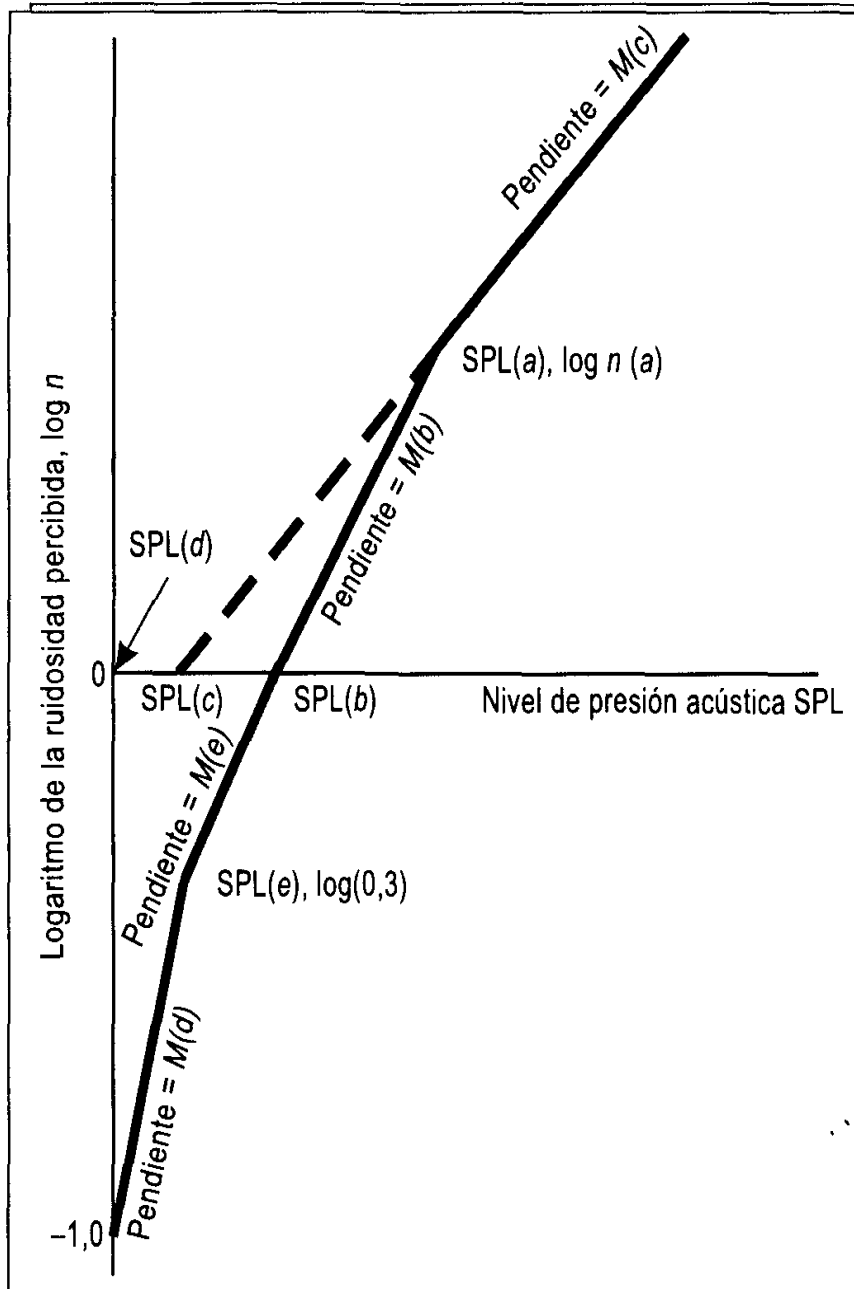


Figura 2-3. Ruidosidad percibida en función del nivel de presión acústica



# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

**Tabla 2-3. Constantes para los valores noy en las fórmulas matemáticas**

BANDA (i)	f Hz	SPL (a)	SPL (b)	SPL (c)	SPL (d)	SPL (e)	M(b)	M(c)	M(d)	M(e)
1	50	91,0	64	52	49	55	0,043478	0,030103	0,079520	0,058098
2	63	85,9	60	51	44	51	0,040570	↑	0,068160	"
3	80	87,3	56	49	39	46	0,036831	↑	"	0,052288
4	100	79,0	53	47	34	42	"	↑	0,059640	0,047534
5	125	79,8	51	46	30	39	0,035336	↑	0,053013	0,043573
6	160	76,0	48	45	27	36	0,033333	↑	↑	"
7	200	74,0	46	43	24	33	"	↑	↑	0,040221
8	250	74,9	44	42	21	30	0,032051	↓	↑	0,037349
9	315	94,6	42	41	18	27	0,030675	0,030103	↑	0,034859
10	400	∞	40	40	16	25	0,030103	↑	↑	↑
11	500	↑	40	40	16	25	↑	↑	↑	↑
12	630	↑	40	40	16	25	↑	↑	↑	↑
13	800	↑	40	40	16	25	↑	↑	↑	↑
14	1 000	↑	40	40	16	25	↓	↑	0,053013	↑
15	1 250	↑	38	38	15	23	0,030103	↑	0,059640	0,034859
16	1 600	↑	34	34	12	21	0,029960	↑	0,053013	0,040221
17	2 000	↑	32	32	9	18	↑	↑	"	0,037349
18	2 500	↑	30	30	5	15	↑	↑	0,047712	0,034859
19	3 150	↑	29	29	4	14	↑	↑	"	↑
20	4 000	↑	29	29	5	14	↑	↑	0,053013	↑
21	5 000	↑	30	30	6	15	↓	↑	"	0,034859
22	6 300	∞	31	31	10	17	0,029960	0,029960	0,068160	0,037349
23	8 000	44,3	37	34	17	23	0,042285	↓	0,079520	"
24	10 000	50,7	41	37	21	29	"	"	0,059640	0,043573

### 53. Notificación de datos a las autoridades encargadas de la homologación

- (a) **Generalidades.** Los datos que representan mediciones físicas o correcciones de datos medidos se registrarán de manera permanente y se anexarán al expediente.

# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

- (b) Todas las correcciones serán aprobadas por las autoridades encargadas de la homologación en especial las correcciones de mediciones que se refieran a desviaciones en la actuación del equipo.
- (c) Se notificarán, cuando se requiera, los cálculos de los distintos errores inherentes a cada una de las operaciones realizadas para obtener los datos definitivos.

## 54. Notificación de datos

- (a) Los niveles de presión acústica medidos y corregidos, se presentarán en forma de niveles de banda de tercio de octava obtenidos por medio de equipo que satisfaga las normas indicadas en este Apéndice.
- (b) Se notificará el tipo de equipo usado para medir y analizar los datos acústicos en relación con la performance y los datos meteorológicos.
- (c) Se notificarán los siguientes datos atmosféricos ambientales, medidos inmediatamente antes, después o durante cada ensayo, en los puntos de observación prescritos en la de este Apéndice:
  - (1) La temperatura del aire y la humedad relativa;
  - (2) Las velocidades máxima, mínima y media del viento; y
  - (3) La presión atmosférica.
- (d) Se notificarán comentarios sobre la topografía local, la vegetación y fenómenos que puedan interferir en el registro del sonido.
- (e) **Se dará la siguiente información:**
  - (1) Tipo, modelo y números de serie (si los hubiere) de la aeronave, de los motores, de las hélices o de los rotores (según corresponda);
  - (2) Las dimensiones totales de la aeronave y ubicación de los motores y de los rotores (si corresponde);
  - (3) La masa total de la aeronave para cada pasada de ensayo y los límites del centro de gravedad para cada serie de pasadas de ensayo;
  - (4) La configuración de la aeronave por ejemplo, las posiciones de los flaps, de los frenos aerodinámicos y del tren de aterrizaje y los ángulos de paso de las hélices (si corresponde);
  - (5) Si los grupos auxiliares de energía (APU) están en funcionamiento;
  - (6) La condición de los dispositivos de purga de aire del motor y de las tomas de potencia del motor;

## REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

- (7) La velocidad aerodinámica indicada en kilómetros por hora (nudos);
- (i) **Para aviones de reacción:** la performance de los motores, indicando empuje neto, relación de presiones, temperatura de los gases de escape y las velocidades de rotación del árbol de la soplante o del compresor, determinadas mediante los instrumentos del avión, y según los datos del fabricante;
  - (ii) **Para aviones propulsados por hélice:** la performance de los motores, indicando potencia al freno y empuje residual o potencia equivalente en el árbol o por motor, y velocidad de rotación de la hélice, determinadas mediante los instrumentos del avión, y según los datos del fabricante; y
  - (iii) **Para helicópteros:** la performance de los motores y la velocidad de los rotores en rpm durante cada demostración;
- (8) La trayectoria de vuelo de la aeronave y la velocidad con respecto al suelo durante cada demostración; y
- (9) Cualquier modificación o equipo no normalizado que pudiese afectar las características de ruido de la aeronave y aprobados por las autoridades encargadas de la homologación.

### 55. Notificación de las condiciones de referencia para la homologación en cuanto al ruido

- (a) Los datos de posición y performance de la aeronave, como también las mediciones de ruido, se ajustarán a las condiciones de referencia establecidas para la homologación en cuanto al ruido que se especifican en el capítulo pertinente de este Apéndice, notificándose esas condiciones, junto con los parámetros, procedimientos y configuraciones de referencia.

### 56. Validez de los resultados

- (a) De los resultados de los ensayos se deducirán y notificarán tres valores medios de EPNL de referencia y sus límites de confianza del 90%, siendo cada valor la media aritmética de las mediciones acústicas corregidas referentes a las pasadas válidas de los ensayos en el punto de medición apropiado (despegue, aproximación y línea lateral, o sobrevuelo en el caso de los helicópteros). Si se usara más de un sistema de medición acústica en cualquiera de los emplazamientos de medición, los resultados de cada pasada de ensayo se promediarán para que constituyan una sola medición. En el caso de los helicópteros, deberían promediarse los resultados de los ensayos con tres micrófonos en cada vuelo, para que constituyan una sola medición. El cálculo se efectuará mediante:
- (1) El cálculo de la media aritmética para cada fase de vuelo con los valores de cada punto donde haya micrófono de referencia;
  - (2) El cálculo de la media aritmética general para cada condición de referencia apropiada (despegue, sobrevuelo, aproximación) con los valores de a) y los límites de confianza de 90% que corresponden.

# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

**Nota:** En el caso de los helicópteros solamente se considerará como válido un vuelo si se efectúan mediciones simultáneas en los tres lugares de medición del ruido.

- (b) El tamaño mínimo de muestra aceptable para cada uno de los tres puntos de medición en la homologación de los aviones y para cada conjunto de tres micrófonos en la de los helicópteros será seis. Las muestras serán lo suficientemente amplias como para establecer estadísticamente, para cada uno de los tres niveles de homologación en cuanto al ruido, un límite de confianza del 90% que no exceda de  $\pm 1,5$  EPNdB. Del proceso de premedicación no se omitirá ningún resultado de ensayo, a menos que lo especifiquen de otro modo las autoridades encargadas de la homologación.

**Nota:** En el Apéndice 1 del Manual técnico-ambiental sobre aplicación de los procedimientos de homologación de las aeronaves en cuanto al ruido (Doc. 9501) se proporcionan métodos de cálculo del intervalo de confianza del 90%.

- (c) Los valores medios de EPNL, obtenidos mediante el proceso precedente, se usarán para evaluar la performance de la aeronave en relación con el ruido, comparándolos con los criterios de homologación en cuanto al ruido.

## 6. NOMENCLATURA: SÍMBOLOS Y UNIDADES

Símbolo	Unidad	Significado
antilog	—	Antilogaritmo de base 10
$C(k)$	dB	Corrección por tono. El factor que ha de sumarse al PNL( $k$ ) para tener en cuenta la presencia de irregularidades espectrales tales como tonos en el $k$ -ésimo incremento de tiempo.
$d$	s	Duración. La longitud del ruido significativo en función del tiempo, correspondiente al intervalo de tiempo entre los límites $t(1)$ y $t(2)$ , redondeado al 0,5 segundos más próximo.
$D$	dB	Corrección por duración. El factor que ha de sumarse al PNLTM para tener en cuenta la duración del ruido.
EPNL	EPNdB	Nivel efectivo de ruido percibido. El valor de PNL ajustado, tanto para tener en cuenta las irregularidades espectrales como la duración del ruido. (Se usa la unidad EPNdB en vez de la unidad dB.)
$f(i)$	Hz	Frecuencia. La frecuencia media geométrica de la banda de tercio de octava de orden $i$ .
$F(i,k)$	dB	Delta-dB. La diferencia entre el nivel de presión acústica original y el nivel final de presión acústica de fondo, en la banda de tercio de octava de orden $i$ y para el instante de orden $k$ .
$h$	dB	dB sustractivo. El nivel que al restarse del PNLTM define la duración del ruido.
$H$	%	Humedad relativa. La humedad atmosférica relativa ambiente.
$i$	—	Índice de banda de frecuencia. Indicador numérico que denota una cualquiera de las 24 bandas de tercio de octava, con frecuencias medias geométricas desde 50 hasta 10 000 Hz.

# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

$k$	—	<i>Índice de incremento de tiempo.</i> Indicador numérico que denota el número de incrementos iguales de tiempo, que han transcurrido desde la referencia cero.
$\log$	—	Logaritmo de base 10.
$\log n(a)$	—	<i>Coordenada de discontinuidad de noy.</i> El valor de $\log n$ del punto de intersección de las rectas que representan la variación de SPL en función de $\log n$ .
$M(b), M(c)$ , etc.	—	<i>Pendiente inversa de noy.</i> Los valores inversos de las pendientes de rectas que representan la variación de SPL en función de $\log n$ .
$n$	noy	<i>Ruidosidad percibida.</i> La ruidosidad percibida en un instante cualquiera, que ocurre en una gama de frecuencias especificada.
$n(i,k)$	noy	<i>Ruidosidad percibida.</i> La ruidosidad percibida en el instante de orden $k$ , que ocurre en la banda de tercio de octava de orden $i$ .
$n(k)$	noy	<i>Ruidosidad percibida máxima.</i> El valor máximo de todos los 24 valores de $n(i)$ que ocurren en el instante de orden $k$ .
$N(k)$	noy	<i>Ruidosidad percibida total.</i> La ruidosidad percibida total en el instante de orden $k$ , calculada de los 24 valores instantáneos de $n(i,k)$ .
$p(b), p(c)$ , etc.	—	<i>Pendiente de noy.</i> Las pendientes de rectas que representan la variación de SPL en función de $\log n$ .
PNL	PNdB	<i>Nivel de ruido percibido.</i> El nivel de ruido percibido en un instante cualquiera. (Se usa la unidad PNdB en vez de la unidad dB.)
PNL( $k$ )	PNdB	<i>Nivel de ruido percibido.</i> El nivel de ruido percibido calculado de los 24 valores de SPL( $i,k$ ), para el incremento de tiempo de orden $k$ . (Se usa la unidad PNdB en vez de la unidad dB.)
PNLM	PNdB	<i>Nivel máximo de ruido percibido.</i> El valor máximo de PNL( $k$ ). (Se usa la unidad PNdB en vez de la unidad dB.)
PNLT	TPNdB	<i>Nivel de ruido percibido, corregido por tono.</i> El valor de PNL ajustado para tener en cuenta las irregularidades espectrales que ocurran en un instante cualquiera. (Se usa la unidad PNdB en vez de la unidad dB.)

# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

<i>Símbolo</i>	<i>Unidad</i>	<i>Significado</i>
PNLT( $k$ )	TPNdB	<i>Nivel de ruido percibido, corregido por tono.</i> El valor de PNL( $k$ ) ajustado para tener en cuenta las irregularidades espectrales que ocurran en el incremento de tiempo de orden $k$ . (Se usa la unidad TPNdB en vez de la unidad dB.)
PNLTM	TPNdB	<i>Nivel máximo de ruido percibido, corregido por tono.</i> El valor máximo de PNLT( $k$ ). (Se usa la unidad TPNdB es vez de la unidad dB.)
PNLT <sub><math>r</math></sub>	TPNdB	<i>Nivel de ruido percibido, corregido por tono, ajustado a las condiciones de referencia.</i>
$s(i,k)$	dB	<i>Pendiente del nivel de presión acústica.</i> El cambio de nivel entre niveles adyacentes de presión acústica de banda de tercio de octava, para la banda de orden $i$ y para el instante de orden $k$ .
$\Delta s(i,k)$	dB	<i>Cambio de pendiente del nivel de presión acústica.</i>
$s'(i,k)$	dB	<i>Pendiente corregida del nivel de presión acústica.</i> El cambio de nivel entre niveles ajustados y adyacentes de presión acústica, de banda de tercio de octava, para la banda de orden $i$ y para el instante de orden $k$ .
$\bar{s}(i,k)$	dB	<i>Pendiente media del nivel de presión acústica.</i>
SPL	dB ref. 20 $\mu$ Pa	<i>Nivel de presión acústica.</i> El nivel de presión acústica en un instante cualquiera, que ocurre en una gama de frecuencias especificada.
SPL( $a$ )	dB ref. 20 $\mu$ Pa	<i>Coordenada de discontinuidad de noy.</i> El valor SPL del punto de intersección de las rectas que representan la variación de SPL en función de $\log n$ .
SPL( $b$ ) SPL( $c$ )	dB ref. 20 $\mu$ Pa	<i>Ordenadas de noy en el origen.</i> Las intersecciones con el eje SPL de las rectas que representan la variación de SPL en función de $\log n$ .
SPL( $i,k$ )	dB ref. 20 $\mu$ Pa	<i>Nivel de presión acústica.</i> El nivel de presión acústica en el instante de orden $k$ que ocurre en la banda de tercio de octava de orden $i$ .
SPL'(i,k)	dB ref. 20 $\mu$ Pa	<i>Nivel de presión acústica ajustado.</i> La primera aproximación al nivel de presión acústica de fondo, en la banda de tercio de octava de orden $i$ y para el instante de orden $k$ .
SPL( $i$ )	dB ref. 20 $\mu$ Pa	<i>Nivel máximo de presión acústica.</i> El nivel de presión acústica que ocurre en la banda de tercio de octava de orden $i$ del espectro para PNLTM.
SPL( $i$ ) <sub><math>r</math></sub>	dB ref. 20 $\mu$ Pa	<i>Nivel máximo de presión acústica corregido.</i> El nivel de presión acústica que ocurre en la banda de tercio de octava de orden $i$ del espectro para PNLTM corregido por la absorción atmosférica del sonido.
SPL $\delta''(i,k)$	dB ref. 20 $\mu$ Pa	<i>Nivel final de presión acústica de fondo.</i> La segunda y definitiva aproximación al nivel de presión acústica de fondo, en la banda de tercio de octava de orden $i$ y para el instante de orden $k$ .
$t$	s	<i>Tiempo transcurrido.</i> La longitud de tiempo medida a partir de la referencia cero.
$t(1), t(2)$	s	<i>Límite de tiempo.</i> El comienzo y el final del historial del ruido significativo, definido por $h$ .
$\Delta t$	s	<i>Incremento de tiempo.</i> La serie de incrementos de tiempo de igual magnitud, para los cuales se calculan PNL( $k$ ) y PNLT( $k$ ).
$T$	s	<i>Constante de tiempo para normalización.</i> La longitud de tiempo usada como referencia en el método de integración para calcular las correcciones por duración, en donde $T = 10$ s.
$t(^{\circ}\text{C})$	$^{\circ}\text{C}$	<i>Temperatura.</i> La temperatura atmosférica ambiente.
$\alpha(i)$	dB/100 m	<i>Absorción atmosférica de ensayo.</i> La atenuación atmosférica del sonido que ocurre en la banda de tercio de octava de orden $i$ para la temperatura atmosférica y la humedad relativa medidas.
$\alpha(i)_0$	dB/100 m	<i>Absorción atmosférica de referencia.</i> La atenuación atmosférica del sonido que ocurre en la banda de tercio de octava de orden $i$ para la temperatura atmosférica y la humedad relativa de referencia.
$A_1$	grados	<i>Ángulo del primer ascenso constante*.</i>
$A_2$	grados	<i>Ángulo del segundo ascenso constante**.</i>

\* Tren replegado, velocidad de por lo menos  $V_2 + 19$  km/h ( $V_2 + 10$  kt), empuje de despegue.

\*\* Tren replegado, velocidad de por lo menos  $V_2 + 19$  km/h ( $V_2 + 10$  kt), después de la reducción de empuje.

# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

<i>Símbolo</i>	<i>Unidad</i>	<i>Significado</i>
$\delta$	grados	<i>Ángulos de reducción de empuje.</i> Los ángulos que definen los puntos de la trayectoria de despegue, en los cuales se inicia y se termina, respectivamente, la reducción de empuje.
$\epsilon$	grados	
$\eta$	grados	<i>Ángulo de aproximación.</i>
$\eta_r$	grados	<i>Ángulo de aproximación de referencia.</i>
$\theta$	grados	<i>Ángulo de ruido (con relación a la trayectoria de vuelo).</i> El ángulo entre la trayectoria de vuelo y la trayectoria del ruido. Es idéntico para ambas trayectorias de vuelo, la medida y la corregida.
$\psi$	grados	<i>Ángulo de ruido (con relación al suelo).</i> Ángulo que forman las trayectorias del ruido y el suelo. Este ángulo se identifica para las trayectorias de vuelo medida y corregida.
$\mu$	grados	<i>Parámetro de emisión de ruido del motor.</i> (Véase 9.3.4.)
$\Delta_1$	EPNdB	<i>Corrección PNLT.</i> Corrección que ha de sumarse al EPNL calculado a partir de los datos medidos, para tener en cuenta los cambios de nivel de ruido debidos a diferencias en la absorción atmosférica y en la longitud de la trayectoria del ruido entre las condiciones de referencia y las de ensayo.
$\Delta_2$	EPNdB	<i>Ajuste de la corrección por duración.</i> Ajuste que ha de hacerse al EPNL calculado a partir de los datos medidos, para tener en cuenta los cambios de nivel de ruido debidos a la duración del ruido, entre las condiciones de referencia y las del ensayo.
$\Delta_3$	EPNdB	<i>Ajuste del ruido en la fuente.</i> Ajuste que ha de hacerse al EPNL calculado a partir de los datos medidos, para tener en cuenta los cambios de nivel de ruido, debidos a diferencias entre el régimen del motor de referencia y el régimen del motor de ensayo.

## 57. Atenuación del sonido en el aire

- (a) La atenuación atmosférica del sonido se determinará de conformidad con el procedimiento que se indica a continuación.
- (b) La relación entre la atenuación del sonido, la frecuencia, la temperatura y la humedad, se expresa con las ecuaciones siguientes:

$$\alpha(i) = 10^{[2,05 \log(f_o/1000) + 1,1394 \times 10^{-3}\theta - 1,916984]}$$

$$+ \eta(\delta) \times 10^{[\log(f_o) + 8,42994 \times 10^{-3}\theta - 2,755624]}$$

$$\delta = \sqrt{\frac{1010}{f_o}} 10^{(\log H - 1,328924 + 3,179768 \times 10^{-2}\theta)}$$

$$\times 10^{(-2,173716 \times 10^{-4}\theta^2 + 1,7496 \times 10^{-6}\theta^3)}$$

en las que:

- $\eta(\delta)$  □□ se obtiene de la tabla 2-4  $f_o$  de la tabla 2-5;  
 $\alpha(\delta)$  □ es el coeficiente de atenuación de **dB/100 m**;  
 $\theta$  □ es la temperatura en grados Celsius; y  
 $H$  es la humedad relativa expresada como porcentaje



# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

- (c) Las ecuaciones que figuran en (b) del 48 prestan al cálculo con computadora.

## 58. Ajustes de los resultados de los ensayos en vuelo de los helicópteros

*(El Capítulo Ocho sobre helicópteros, en los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia, ha sido Reservado y en consecuencia las prescripciones aquí contenidas, referidas a la medición de ruido para helicópteros tendrán aplicación cuando sean adoptadas las disposiciones pertinentes a tales aeronaves.)*

- (a) **Generalidades.** Los ajustes de los datos de ruido medidos se efectuarán aplicando los métodos de este Apéndice. Para que el ensayo sea aceptable se incorporarán los ajustes correspondientes a las diferencias entre el procedimiento de ensayo y el procedimiento de vuelo de referencia, y se tendrán en cuenta las diferencias respecto a lo siguiente:
- (1) La trayectoria de vuelo y la velocidad relativa al punto de referencia de la trayectoria de vuelo del helicóptero;
  - (2) La atenuación del sonido en el aire; y
  - (3) En el caso de sobrevuelo, los parámetros que influyen en el mecanismo de producción del ruido, tales como los descritos en 62.
- (b) Los ajustes de los datos de ruido medidos se efectuarán de conformidad con los métodos indicados en el 60 y 61 respecto a diferencias en los siguientes:
- (1) La atenuación del ruido a lo largo de su trayectoria por aplicación de la ley de la inversa de los cuadrados y por atenuación atmosférica;
  - (2) La duración del ruido en función de la distancia y de la velocidad de la aeronave relativas al punto de referencia de la trayectoria de vuelo; y
  - (3) El procedimiento de ajuste descrito en esta sección se aplicará a los micrófonos laterales para los ruidos de despegue, de sobrevuelo y de aproximación. A pesar de que el ruido depende mucho del diagrama de directividad, que varía de un tipo de helicóptero a otro, el ángulo de propagación, definido en este Apéndice, Figura 2-1 1, será el mismo para la trayectoria de ensayo que para la de vuelo de referencia. El ángulo de elevación no se someterá a las limitaciones indicadas en la Nota 3 de este Apéndice, pero se tiene que calcular y notificar. Las autoridades encargadas de la homologación especificarán los límites aceptables de. Las correcciones de los datos obtenidos, cuando se excedan esos límites, se aplicarán utilizando los procedimientos aprobados por dichas autoridades. En el caso particular de la medición del ruido lateral, la propagación del sonido resulta afectada no sólo por la ley de la inversa de los cuadrados y la atenuación atmosférica, sino también por los efectos de absorción y reflexión de terreno que dependerá principalmente del ángulo  $\psi$ .

**Nota 1:** *En los ensayos pueden ajustarse los niveles de ruido a las condiciones de referencia mediante los métodos especificados en esta sección, a reserva de que estén de acuerdo las autoridades encargadas de la homologación. Las correcciones se obtienen a base de una serie de curvas correspondientes a cada procedimiento de referencia que enlazan el momento en que se emitió el*

# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

*PNLTM con parámetros pertinentes. Las curvas de sensibilidad proporcionan variaciones de los niveles de ruido en función del parámetro respecto al que sea necesaria una corrección.*

**Tabla 2-4. Valores de  $\eta(\delta)$**

$\delta$	$\eta(\delta)$	$\delta$	$\eta(\delta)$
0,00	0,000	2,50	0,450
0,25	0,315	2,80	0,400
0,50	0,700	3,00	0,370
0,60	0,840	3,30	0,330
0,70	0,930	3,60	0,300
0,80	0,975	4,15	0,260
0,90	0,996	4,45	0,245
1,00	1,000	4,80	0,230
1,10	0,970	5,25	0,220
1,20	0,900	5,70	0,210
1,30	0,840	6,05	0,205
1,50	0,750	6,50	0,200
1,70	0,670	7,00	0,200
2,00	0,570	10,00	0,200
2,30	0,495		

Cuando sea necesario, utilícese un término de interpolación cuadrática.

**Tabla 2-5. Valor de  $f_o$**

<i>Frecuencia central de la banda de 1/3 de octava (Hz)</i>	$f_o$ (Hz)	<i>Frecuencia central de la banda de 1/3 de octava (Hz)</i>	$f_o$ (Hz)
50	50	800	800
63	63	1 000	1 000
80	80	1 250	1 250
100	100	1 600	1 600
125	125	2 000	2 000
160	160	2 500	2 500
200	200	3 150	3 150
250	250	4 000	4 000
315	315	5 000	4 500
400	400	6 300	5 600
500	500	8 000	7 100
630	630	10 000	9 000

# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

## 59. Perfiles de vuelo

**Nota:** Los perfiles de vuelo en las condiciones de ensayo se determinan según su geometría con relación al suelo y también por la velocidad correspondiente del helicóptero.

### (a) Perfil de despegue

**Nota 1:** En la Figura 2-4 se representan perfiles típicos de ensayo y de referencia.

- (1) Durante los ensayos reales, el helicóptero se estabiliza inicialmente en vuelo horizontal a la velocidad correspondiente al régimen óptimo de ascenso  $V_y$  en el punto A y se continúa hasta el punto B, en el que se aplica la potencia de despegue y se inicia el ascenso en régimen estabilizado. Se mantendrá el ascenso en régimen estabilizado durante el tiempo de atenuación de 10 dB y más allá hasta el extremo de la trayectoria de vuelo de homologación (punto F).
- (2) El punto K es el punto de referencia de la trayectoria de despegue y NK, es la distancia entre el inicio del ascenso en régimen estabilizado y el punto de referencia de la trayectoria de despegue. Los puntos  $K_1'$  y  $K_1''$  son los puntos de medición del ruido asociados, situados en la perpendicular a la derrota de despegue TM y a una distancia indicada de TM.
- (3) La distancia TM es aquella respecto a la cual se mide la posición del helicóptero en sincronización con las mediciones del ruido (véase en 43. de este Apéndice).

**Nota 2:** La posición del punto B puede variar dentro de los límites permitidos por las autoridades encargadas de la homologación.

### (b) Perfil de sobrevuelo

**Nota:** En la Figura 2-5 se ilustra un perfil típico de sobrevuelo.

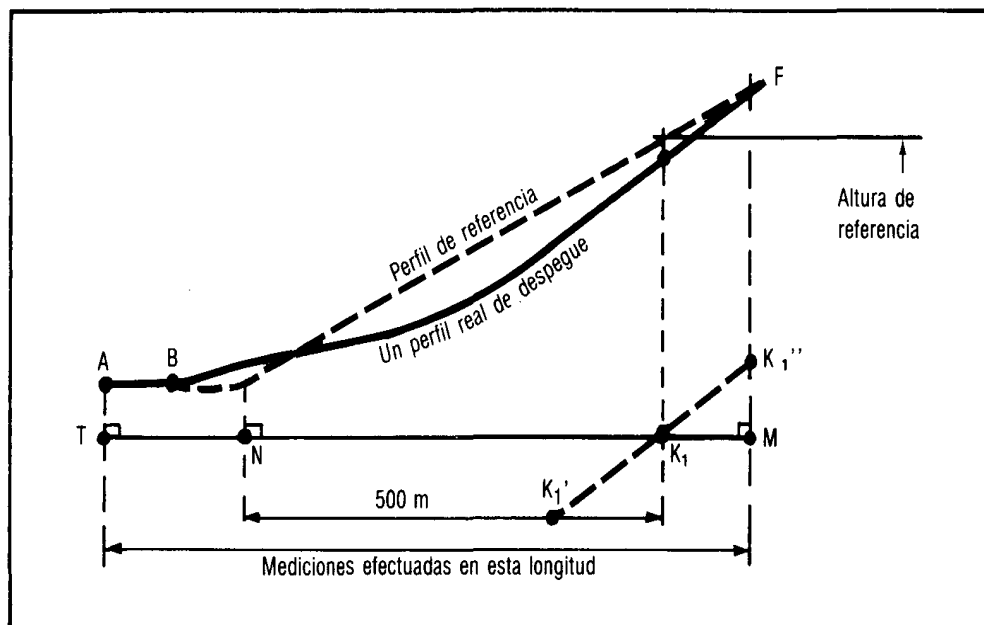
- (1) El helicóptero se estabiliza en vuelo horizontal en el punto D y pasa por el punto W, en la vertical del punto de referencia de la trayectoria de vuelo hasta el punto E, que señala el fin de la trayectoria de sobrevuelo para la homologación.
- (2) El punto  $K_2$  es el punto de referencia de la trayectoria de sobrevuelo y  $K_2W$  es la altura del helicóptero en la vertical del punto de referencia de la trayectoria de sobrevuelo. Los puntos  $K_2'$  y  $K_2''$  son los puntos de medición del ruido asociados, situados en la perpendicular a la derrota de sobrevuelo RS y a una distancia indicada de RS.
- (3) La distancia RS es aquella respecto a la cual se mide la posición del helicóptero en sincronización con las mediciones del ruido (véase en 43. de este Apéndice).

### (c) Perfil de aproximación

# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

**Nota:** En la Figura 2-6 se ilustra un perfil de aproximación típico.

- (1) El helicóptero se estabiliza primeramente en el ángulo indicado de la trayectoria de aproximación en el punto G y pasa por los puntos H e I para llegar finalmente al punto de toma de contacto.
- (2) El punto  $K_3$  es el punto de referencia de la trayectoria de aproximación y  $K_3H$  es la altura del helicóptero en la vertical del punto de referencia de la trayectoria de aproximación. Los puntos  $K_3'$  y  $K_3''$  son los puntos de medición del ruido asociados situados en una perpendicular a la derrota, de aproximación PU y a una distancia indicada de PU.
- (3) La distancia PU es aquella respecto a la cual se mide la posición del helicóptero en sincronización con las mediciones del ruido (véase en 43. de este apéndice).



**Figura 2-4. Perfiles típicos de ensayo y de referencia**

# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

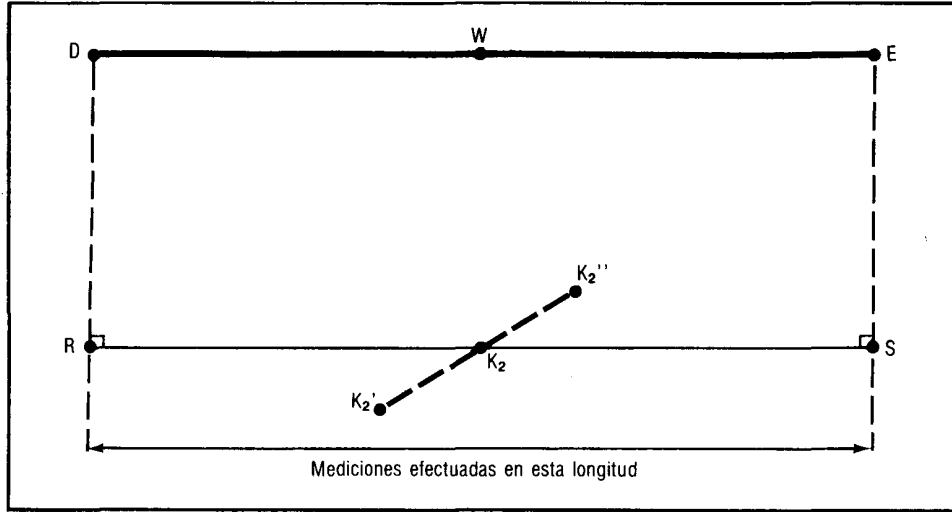


Figura 2-5. Perfil típico de sobrevuelo

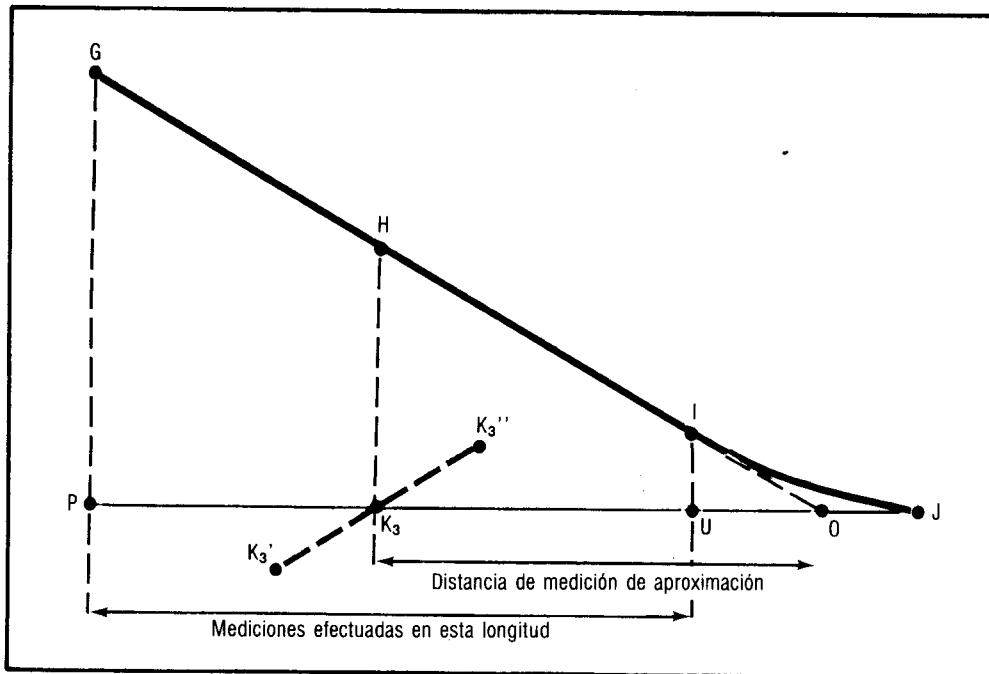


Figura 2-6. Perfil típico de aproximación

# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

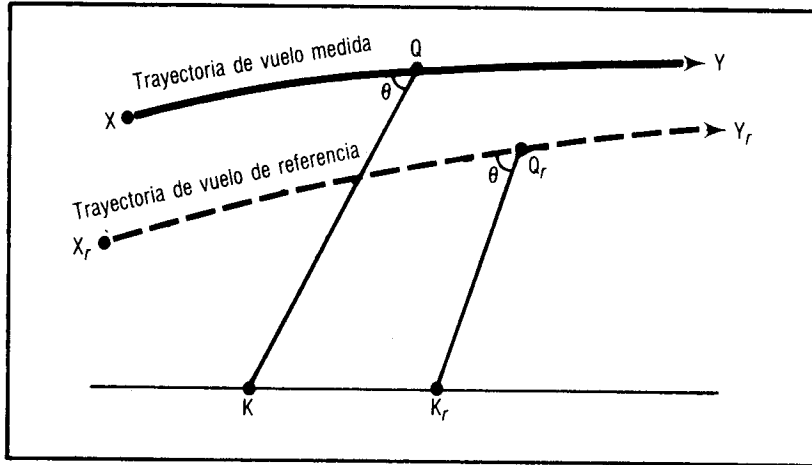


Figura 2-7. Características del perfil que influyen en el nivel acústico

## 60. Ajustes del PNL y del PNLT

**Nota:** En la Figura 2-7 se indican las partes de las trayectorias del vuelo de ensayo y de referencia que son pertinentes para calcular el EPNL en las mediciones del ruido de despegue, de sobrevuelo y de aproximación.

- XY representa la parte útil de la trayectoria de vuelo medida y  $X_r Y_r$  la de la trayectoria de vuelo de referencia correspondiente.
- Q representa la posición del helicóptero en la trayectoria de vuelo medida en la que se emitió el ruido y se observó como PNLTM en el punto de medición del ruido K.  $Q_r$  es la posición correspondiente en la trayectoria de vuelo de referencia,  $K_r$  es el punto de medición de referencia. QK y  $Q_r K_r$  son, respectivamente, las trayectorias de propagación del ruido de medición y del de referencia.  $Q_r$  se determina admitiendo por hipótesis que QK y  $Q_r K_r$  forman el mismo ángulo  $\theta$  con sus trayectorias de vuelo respectivas,
- Los niveles de bandas de tercio de octava SPL(i) que comprenden PNL (el PNL en el momento de PNLTM observado en K), se ajustarán a los niveles de referencia SPL(i)<sub>r</sub> del modo siguiente:

$$SPL(i)_r = SPL(i) + 0,01 [\alpha(i)_o - \alpha(i)] QK + 0,01 \alpha(i)_o (QK - Q_r K_r) + 20 \log (QK/Q_r K_r)$$

En esta expresión:

- El término  $0,01 [\alpha(i)_o - \alpha(i)] QK$  es un ajuste para tener en cuenta la variación del coeficiente de atenuación del sonido, siendo  $\alpha(i)$  y  $\alpha(i)_o$  los coeficientes de absorción atmosférica en las condiciones de ensayo y de referencia, respectivamente, obtenidos de este Apéndice;

# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

- (f) El término  $0,01 \alpha (i)_o (QK - Q_rK_r)$  es un ajuste para tener en cuenta el influjo en la atenuación del sonido de las diferencias de longitud de la trayectoria del ruido;
- (g) El término  $20 \log (QK/ Q_rK_r)$  es un ajuste para tener en cuenta las diferencias de longitud de la trayectoria del ruido según la ley de la inversa de los cuadrados;
- (h) QK y  $Q_rK_r$  se miden en metros y  $\alpha (i)$  y  $\alpha (i)_o$  en dB/100 m.

**Nota:** Cuando  $SPL(i)$  es cero (por ejemplo, debido a la aplicación de las correcciones del ruido de fondo),  $SPL(i)_r$  también debe mantenerse igual a cero en el proceso de ajuste.

- (i) Los valores corregidos  $SPL(i)_r$  se convertirán en PNLT, y se calcula un término de corrección del modo siguiente:

$$\Delta_r = PNLT_r - PNLTM$$

- (j)  $\Delta_r$  se ha de sumar algebraicamente al EPNL calculado a partir de los datos medidos.
- (k) Si, durante un vuelo de ensayo, se observan valores de cresta de PNLT que se encuentren a menos de 2 dB del PNLTM, se aplicará el procedimiento definido en 60., 61., y 62. a cada valor de cresta y se sumará a cada cresta el término de ajuste así calculado para obtener los correspondientes valores de cresta ajustados del PNLT. Si alguno de estos valores de cresta excediera del que corresponde al instante del PNLTM, se sumará el valor máximo de ese excedente como ajuste complementario al EPNL calculado a partir de los datos medidos.

## 61. Ajustes de la corrección por duración

- (a) Cuando las trayectorias de vuelo medidas y/o las velocidades respecto al suelo en las condiciones de ensayo difieran de las trayectorias de vuelo de referencia y/o de las velocidades respecto al suelo en las condiciones de referencia, los ajustes por duración se aplicarán a los valores de EPNL calculados a partir de los datos medidos. Estos ajustes se calcularán en la forma descrita a continuación.
- (b) En lo que respecta a la trayectoria de vuelo de la Figura 2-7, el término de ajuste se calculará del modo siguiente:

$$\Delta_2 = -7,5 \log (QK/Q_rK_r) + 10 \log (V/V_r)$$

que representa el ajuste que se ha de sumar algebraicamente al EPNL calculado a partir de los datos medidos.

## 62. Corrección del ruido en la fuente

- (a) Para el sobrevuelo, si cualquier combinación de los tres factores siguientes:



## REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

- (1) Desviaciones de la velocidad aerodinámica respecto a la de referencia;
  - (2) Desviaciones de la velocidad de giro del rotor respecto a la de referencia;
  - (3) Desviaciones de la temperatura respecto a la de referencia;
- (b) Diera como resultado un parámetro convenido de correlación del ruido cuyo valor fuera distinto al valor de referencia de este parámetro, se determinarán los ajustes del ruido en la fuente a base de datos del fabricante que hayan sido aprobados por las autoridades encargadas de la homologación. Esta corrección debería normalmente efectuarse utilizando una curva de sensibilidad del PNLTM en función del número de Mach en el extremo de la pala que avanza; no obstante, la corrección puede efectuarse a base de otro parámetro o parámetros que hayan aprobado las autoridades encargadas de la homologación.

**Nota 1:** Si es imposible obtener el valor del número de Mach en el extremo de la pala que avanza, o el parámetro convenido de correlación del ruido de referencia, está permitido extrapolar los valores de la curva de sensibilidad, a condición de que los datos abarquen una gama de valores de los parámetros de correlación de ruido, entre las condiciones de ensayo y las de referencia, convenidos con las autoridades encargadas de la homologación. El número de Mach en el extremo de la pala que avanza o el parámetro convenido de correlación de ruido se calculará a base de los datos medidos. Se obtendrá una curva por separado de cada ruido en la fuente en función del número de Mach en el extremo de la pala que avanza o en función de otro parámetro convenido de correlación de ruido respecto a cada uno de los tres emplazamientos de micrófono para la homologación, en el eje, al lado izquierdo y al lado derecho, que han sido definidos en relación con el sentido de vuelo para cada uno de los vuelos de ensayo.

**Nota 2:** Cuando se utilice el número de Mach en el extremo de la pala que avanza, éste debería calcularse a base de la velocidad aerodinámica verdadera, de la temperatura exterior del aire medida a bordo (OAT) y de la velocidad de giro del rotor.

### 63. Puntos de identificación y parámetros de la trayectoria de vuelo

#### (a) Generalidades

<u>Posición/parámetro</u>	<u>Descripción</u>
K	Punto de medición del ruido
K <sub>1</sub>	Punto de medición de referencia
Q	Punto de trayectoria de vuelo medida correspondiente al PNLTM aparente en el punto K (véase 60.)
Q <sub>r</sub>	Punto de la trayectoria de vuelo corregida correspondiente al PNLTM en el punto K (véase 60.)
V	Velocidad de ensayo del helicóptero respecto al suelo
V <sub>r</sub>	Velocidad de referencia del helicóptero respecto al suelo

# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

$V_H$	Velocidad máxima en vuelo horizontal con una potencia que no exceda de la potencia máxima continua
$V_{NE}$	Velocidad que no puede excederse
$V_y$	Velocidad correspondiente al régimen de ascenso óptimo

(b) **Despegue (véase la Figura 2-4)**

<u>Posición</u>	<u>Descripción</u>
A	Comienzo de la trayectoria de despegue para la homologación
B	Comienzo de la transición al ascenso
F	Fin de la trayectoria de despegue para la homologación
$K_1$	Punto de referencia de la trayectoria de despegue
$K_1', K_1''$	Puntos de medición del ruido asociados (en el dispositivo con tres micrófonos)
M	Fin de la derrota de despegue para la homologación
N	Punto del suelo en la vertical del comienzo de la transición al ascenso
T	Comienzo de la derrota de despegue para la homologación, punto del suelo en la vertical de A

(c) **Sobrevuelo (véase la Figura 2-5)**

<u>Posición</u>	<u>Descripción</u>
D	Comienzo de la trayectoria de sobrevuelo para la homologación
E	Fin de la trayectoria de sobrevuelo para la homologación
$K_2$	Punto de referencia de la trayectoria de sobrevuelo
$K_2', K_2''$	Puntos de medición del ruido asociados (en el dispositivo con tres micrófonos)
R	Comienzo de la derrota de sobrevuelo para la homologación
S	Fin de la derrota de sobrevuelo para la homologación

(d) **Aproximación (véase la Figura 2-6)**

<u>Posición</u>	<u>Descripción</u>
G	Comienzo de la trayectoria de aproximación para la homologación

# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

H	Punto de la trayectoria de aproximación en la vertical del punto de referencia de la trayectoria de aproximación
I	Fin de la trayectoria de aproximación para la homologación
J	Punto de toma de contacto
K <sub>3</sub>	Punto de referencia de la trayectoria de aproximación
K <sub>3</sub> <sup>'</sup> , K <sub>3</sub> <sup>''</sup>	Puntos de medición del ruido asociados (en el dispositivo con tres micrófonos)
O	Intersección de la trayectoria de aproximación con el plano del suelo
P	Comienzo de la derrota de aproximación para la homologación
U	Punto del suelo en la vertical del inicio del enderezamiento

## 64. Distancias de la trayectoria de vuelo

<u>Distancia</u>	<u>Unidad</u>	<u>Significado</u>
NK <sub>1</sub>	metros	<b>Distancia de medición de despegue.</b> <i>Distancia entre el comienzo de la transición al ascenso y el punto de referencia de la trayectoria de despegue.</i>
TM	metros	<b>Distancia de la derrota de despegue.</b> <i>Distancia respecto a la cual debe registrarse la posición del helicóptero.</i>
K <sub>2</sub> W	metros	<b>Altura de sobrevuelo del helicóptero.</b> ( pies) <i>Altura del helicóptero por encima del punto de referencia de sobrevuelo.</i>
RS	metros	<b>Distancia de la derrota de sobrevuelo.</b> <i>Distancia respecto a la cual debe registrarse a posición del helicóptero.</i>
K <sub>3</sub> H	metros	<b>Altura de aproximación del helicóptero.</b> (pies) <i>Altura del helicóptero por encima del punto de referencia de aproximación.</i>
OK <sub>3</sub>	metros	<b>Distancia de medición de aproximación.</b> <i>Distancia entre la intersección de la trayectoria de aproximación y el plano del suelo y el punto de referencia de la trayectoria de aproximación.</i>
PU	metros	<b>Distancia de la derrota de aproximación.</b> <i>Distancia respecto a la cual debe registrarse la posición del helicóptero.</i>
QK	metros	<b>Trayectoria de ruido medida.</b> <i>Distancia entre la posición Q medida del helicóptero y el punto de edición del ruido K.</i>
Q <sub>r</sub> K <sub>r</sub>	metros	<b>Trayectoria de ruido de referencia.</b> <i>Distancia entre la posición Q<sub>r</sub> del helicóptero y el punto de medición de referencia K<sub>r</sub></i>

# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

## 65. Ajustes de los resultados de los ensayos en vuelo de los aviones

(a) Cuando para la homologación en cuanto al ruido las condiciones de ensayo no sean idénticas a las de referencia, deberán ajustarse debidamente los datos del ruido medido, siguiendo el método de esta Sección.

**Nota:** Las diferencias entre las condiciones de ensayo y las de referencia pueden causar diferencias en lo siguiente:

- (1) Trayectoria de vuelo y velocidad del avión relativas al punto de medición;
  - (2) Atenuación del sonido en el aire;
  - (3) Parámetros que influyen en el mecanismo de producción del ruido del motor.
- (b) Se ajustarán los valores medidos del ruido según uno de los métodos descritos en 67 y 68 para diferencias en:
- (c) La atenuación del ruido a lo largo de su trayectoria, en función de la ley de la “inversa de los cuadrados” y de la atenuación atmosférica;
- (d) La duración del ruido, en función de la distancia y de la velocidad del avión relativas al punto de medición;
- (e) El ruido en la fuente emitido por el motor, en función de los parámetros pertinentes.
- (f) El ruido procedente del avión/motor cuando sea alterado por grandes diferencias entre la velocidad aerodinámica de ensayo y la de referencia. Al margen del efecto que tenga sobre la duración, los efectos de la velocidad aerodinámica en los componentes que originan el ruido pueden también llegar a ser notables y hay que considerarlos; en el caso de las configuraciones ordinarias de avión, cuando las diferencias entre la velocidad aerodinámica de ensayo y la de referencia excedan en 28 km/h (15 kt) a la velocidad aerodinámica verdadera, se emplearán los datos de ensayo o los análisis aprobados por la autoridad homologadora para cuantificar los efectos del ajuste de la velocidad aerodinámica en los niveles resultantes de homologación del ruido.
- (g) El método “integrado” descrito en 68, se utilizará en los sobre vuelos o aproximaciones en las condiciones siguientes:
- (1) Cuando el valor del ajuste (empleando el método “simplificado”) sea superior a 8 dB en el sobrevuelo, o a 4 dB en la aproximación; o
  - (2) Cuando el valor resultante final del EPNL en el sobrevuelo o la aproximación (empleando el método “simplificado”) se sitúe en 1 dB o menos de los niveles límites de ruido prescritos en la (n) del 67.

# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

## 66. Perfiles de vuelo

**Nota:** Los perfiles de vuelo en las condiciones de ensayo, e igualmente en las condiciones de referencia, están descritos por su geometría con respecto al suelo, junto con la velocidad correspondiente del avión con respecto al suelo, y los parámetros de control relacionados con los motores empleados para determinar la emisión de ruido del avión.

### (a) Perfil de despegue

**Nota:** En la Figura 2-8 se ilustra un perfil típico de despegue.

- (1) El avión empieza el recorrido de despegue en el punto A, se separa del suelo en el punto B, e inicia el primer ascenso con ángulo constante en el punto C. Cuando se aplica la disminución del empuje o de la potencia (como corresponda), este proceso comienza en el punto D y termina en el punto E. El avión comienza entonces un segundo ascenso con ángulo constante hasta el punto F, fin de la trayectoria de despegue para la homologación.
- (2) El punto  $K_1$  representa la estación de medición del ruido de despegue y  $AK_1$  es la distancia entre el inicio del recorrido de despegue y el punto de medición de sobrevuelo. El punto  $K_2$  corresponde a la estación de medición del ruido lateral, situada en una línea paralela al eje de pista a la distancia especificada del mismo, donde es mayor el nivel de ruido de despegue.
- (3) La distancia AF es aquella respecto a la cual se mide la posición del avión en sincronización con las mediciones del ruido (véase (b) del 43.).

### (b) Perfil de aproximación

**Nota:** En la Figura 2-9 se ilustra un perfil típico de aproximación:

- (1) El avión comienza su trayectoria de aproximación para la homologación en el punto G y toma contacto con la pista en el punto J y a la distancia OJ del umbral.
- (2) El punto  $K_3$  representa la estación de medición del ruido de aproximación y  $K_3O$  es la distancia del punto de medición del ruido de aproximación al umbral.
- (3) La distancia GI es aquella respecto a la cual se mide la posición del avión en sincronización con las mediciones del ruido (véase (b) del 43.).

Para las mediciones durante la aproximación, el punto de referencia del avión será la antena del ILS.

# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

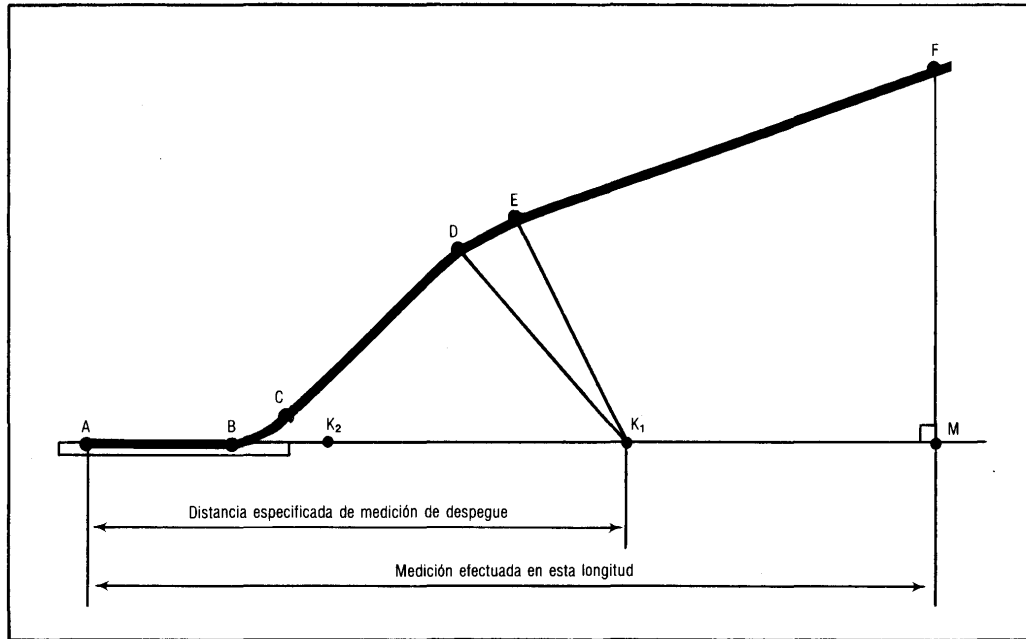


Figura 2-8. Perfil típico de despegue

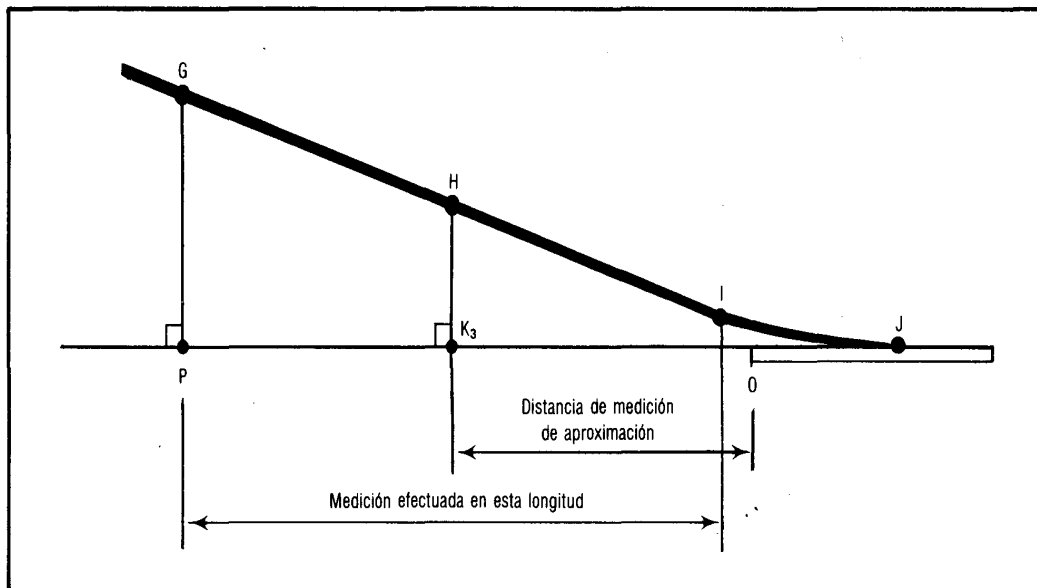


Figura 2-9. Perfil típico de aproximación

# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

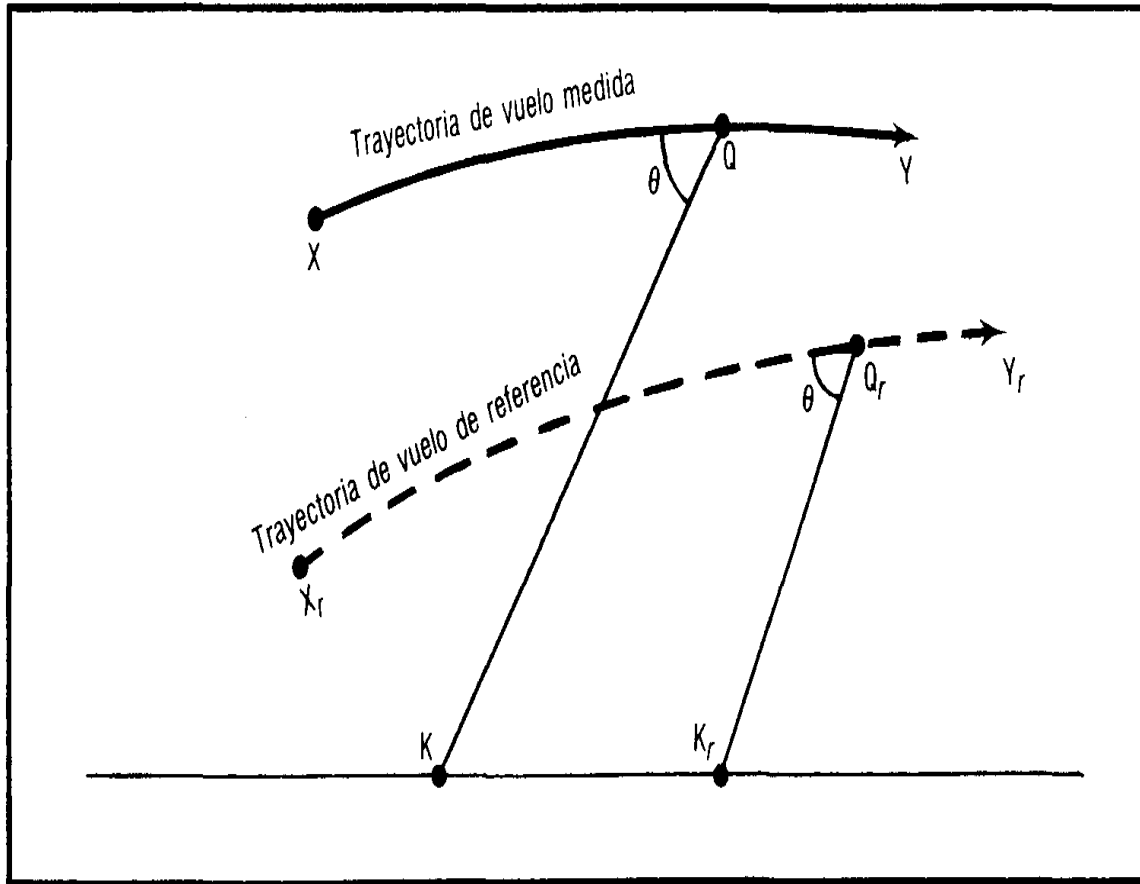


Figura 2-10. Características del perfil que influyen en el nivel acústico

## 67. Método "simplificado" de ajustes

### (a) Generalidades

**Nota:** El método "simplificado" de ajustes consiste en aplicar los correspondientes al EPNL calculado a base de los datos medidos, para tener en cuenta las diferencias entre las condiciones medidas y las de referencia en el momento del PNLTM.



# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

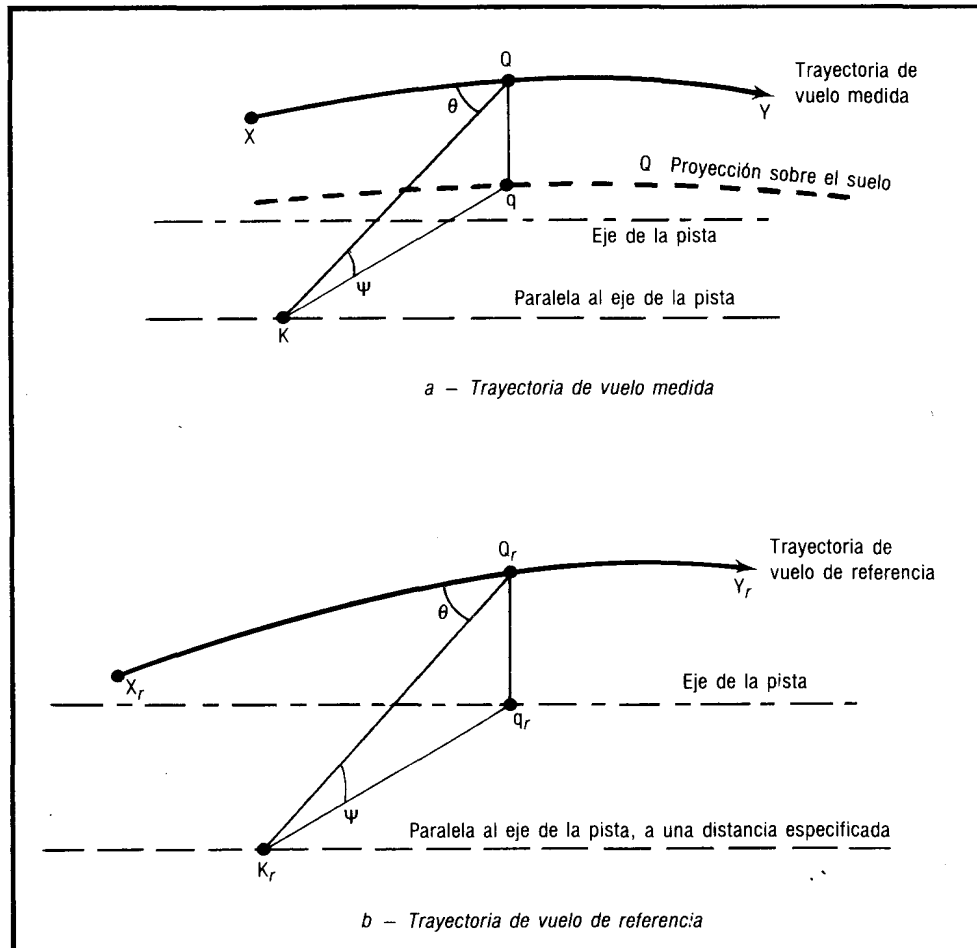


Figura 2-11. Medición lateral — determinación de la estación de referencia

## (b) Ajustes al PNL y al PNLT

**Nota 1:** En la Figura 2-10 se indican las partes de las trayectorias de vuelo de ensayo y de referencia que son pertinentes para calcular el EPNL, en las mediciones del ruido de sobrevuelo y en las del de aproximación.

- (1) XY representa la parte útil de la trayectoria de vuelo medida y  $X_r Y_r$  la de la trayectoria de vuelo de referencia correspondiente.
- (2) Q representa la posición del avión en la trayectoria de vuelo medida en la que se emitió el ruido, y se observó como PNLTM en la estación de medición del ruido K.  $Q_r$  es la posición correspondiente en la trayectoria de vuelo de referencia y  $K_r$  es la estación de medición de referencia. QK y  $Q_r K_r$  son las trayectorias de propagación del ruido de medición y del de referencia, respectivamente;  $Q_r$  se determina admitiendo

## REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

por hipótesis que QK y  $Q_rK_r$  forman el mismo ángulo con sus trayectorias de vuelo respectivas.

**Nota 2:** En la Figura 2-11 a) y b) se indican las partes de la trayectoria de vuelo de ensayo y de la trayectoria de vuelo de referencia que son pertinentes para calcular el EPNL en las mediciones del ruido lateral.

- (1) XY representa la parte útil de la trayectoria de vuelo medida [Figura 2-11 a)], y  $X_rY_r$ , la de la trayectoria de vuelo de referencia correspondiente [Figura 2-11 b)].
- (2) Q representa la posición del avión en la trayectoria de vuelo medida en que se emitió el ruido, y se observó como PNLTM en la estación de medición del ruido K.  $Q_r$  es la posición correspondiente en la trayectoria de vuelo de referencia, y  $K_r$  es la estación de medición de referencia. QK y  $Q_rK_r$  son, respectivamente, las trayectorias de propagación del ruido de medición y del de referencia. En este caso,  $K_r$  se indica únicamente en una línea lateral particular; en consecuencia,  $K_r$  y  $Q_r$  se determinan partiendo de las hipótesis de que QK y  $Q_rK_r$ :
  - (ii) Forman el mismo ángulo  $\theta$  con sus trayectorias de vuelo respectivas; y
  - (iii) Forman el mismo ángulo  $\psi$  con el suelo.

**Nota 3:** En el caso particular de medición del ruido lateral, la propagación del ruido se ve afectada no sólo por la ley de la inversa de los cuadrados y por la atenuación atmosférica, sino también por la absorción del suelo y por la reflexión que dependen principalmente del ángulo  $\psi$ .

- (c) Los niveles de banda de tercio de octava SPL(i) que comprenden PNL (el PNL en el momento de PNLTM observado en K), se ajustarán a los niveles de referencia SPL(i) del modo siguiente:

En esta expresión,

- (d) El término  $0,01[-\alpha(i)-\alpha(i)_o] QK$  es un ajuste para tener en cuenta la variación del coeficiente de atenuación del sonido, siendo  $\alpha(i)$  y  $\alpha(i)_o$  los coeficientes de absorción atmosférica en las condiciones de ensayo y de referencia respectivamente, obtenidos de la Sección 7;
- (e) El término  $0,01 \alpha(i)_o (QK - Q_rK_r)$  es un ajuste para tener en cuenta el influjo en la atenuación del sonido de la diferencia de longitud de la trayectoria del ruido;
- (f) El término  $20 \log (QK/Q_rK_r)$  es un ajuste para tener en cuenta las diferencias de longitud de la trayectoria del ruido según la ley de la inversa de los cuadrados;
- (g) QK y  $Q_rK_r$  se miden en metros y  $\alpha(i)$  y  $\alpha(i)_o$  en dB/100 m.

**Nota:** Cuando SPL(i) es cero (por ejemplo, debido a la aplicación de las correcciones del ruido de fondo), SPL(i), también debe mantenerse igual a cero en el proceso de ajuste.

## REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

- (h) Los valores corregidos  $SPL(i)_r$  se convertirán en  $PNLT_r$ , y se calculará un término de corrección del modo siguiente:

$$\Delta_1 = PNLTr - PNLTM$$

- (i)  $\Delta_1$  se ha de sumar algebraicamente al EPNL calculado a partir de los datos medidos.
- (j) Si durante un vuelo de ensayo se observan valores de cresta de  $PNLT$  que se encuentren a menos de 2 dB del  $PNLTM$ , se aplicará el procedimiento definido en (b) de 67. a cada valor de cresta y se sumará a cada cresta el término de ajuste calculado según (b) de 67. para obtener los correspondientes valores de cresta ajustados de  $PNLT$ . Si algunos de estos valores de cresta excedieran del que corresponde al instante del  $PNLTM$ , se sumará el valor máximo de este excedente como ajuste complementario al EPNL calculado a partir de los datos medidos.

(k) **Ajustes de la corrección por duración**

- (l) Cuando las trayectorias de vuelo medidas y/o las velocidades respecto al suelo en las condiciones de ensayo difieran de las trayectorias de vuelo de referencia, y/o de las velocidades respecto al suelo en las condiciones de referencia, los ajustes por duración se aplicarán a los valores de EPNL calculados a partir de los datos medidos. Esos ajustes se calcularán en la forma descrita a continuación.
- (m) En lo que respecta a la trayectoria de vuelo de la Figura 2-10, el término de ajuste se calculará del modo siguiente:

$$\Delta_2 = 7,5 \log (QK/Q_r K_r) + 10 \log (V/V_r)$$

que representa el ajuste que se ha de sumar algebraicamente al EPNL calculado a partir de los datos medidos.

- (n) **Ajustes del ruido en la fuente.** Se aplicará el ajuste del ruido en la fuente para tener en cuenta las diferencias entre los parámetros que influyen sobre el ruido medido de los motores en los ensayos en vuelo para la homologación y los que se calculan o indican en las condiciones de referencia. El ajuste se determina a partir de los datos suministrados por el fabricante y aprobados por las autoridades encargadas de la homologación.

**Nota:** Se presentan datos característicos en la Figura 2-12 que muestra una curva del EPNL en función del parámetro de control del motor, los datos EPNL se han ajustado a las demás condiciones aplicables de referencia (masa, velocidad y altitud del avión, temperatura del aire) para tener en cuenta las diferencias de ruido para cada valor de  $\mu$  entre el motor instalado y el motor según las normas del Manual de vuelo. Se necesitan estos datos en torno a los valores de  $\mu$  utilizados para las mediciones de los ruidos lateral, de sobrevuelo y de aproximación.

## REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

- (o) El término de ajuste  $\Delta_3$  se obtendrá sustrayendo el valor EPNL correspondiente al parámetro  $\mu$  del valor EPNL correspondiente al parámetro  $\mu_r$  y se añadirá algebraicamente al valor EPNL calculado a partir de los datos medidos.

**Nota:** Véase la Figura 2-12 en la cual  $\mu$  es el valor del parámetro de control del motor en las condiciones de ensayo en vuelo y  $\mu_r$  es el valor correspondiente en las condiciones de referencia.

(p) **Ajustes de simetría**

- (q) Para el ruido lateral se llevará a cabo un ajuste de simetría (véase (b) de 43.) del modo siguiente:
- (r) Si el punto de medición simétrica se halla opuesto al punto en el que se obtiene el mayor nivel de ruido en la línea principal de medición lateral, el nivel de ruido para la homologación será la media (aritmética) de los niveles de ruido medidos en estos dos puntos [la Figura 2-13 a)];
- (s) De no ser así, se supondrá que la variación de ruido en función de la altitud del avión es la misma a ambos lados (es decir, que hay una diferencia constante entre las líneas de ruido en función de la altitud a ambos lados [Véase la Figura 2-13 b)]. El nivel de ruido para la homologación será entonces el valor máximo de la media entre estas líneas.

### 68. Método de ajuste “integrado”

(a) **Generalidades**

**Nota:** El método de ajuste “integrado” consiste en un nuevo cálculo de los puntos de variación en el tiempo del PNLT para condiciones de referencia que corresponden a los puntos de medición obtenidos durante los ensayos y calculando directamente el PNLT para la nueva variación en el tiempo que se haya obtenido de este modo. A continuación se describen los principios más destacados.

(b) **Cálculos del PNLT**

**Nota 1:** En la Figura 2-14 se ilustran los tramos de trayectoria de vuelo de ensayo y el perfil de referencia que son significativos para el cálculo del EPNL en las mediciones del ruido de sobrevuelo, a plena potencia, y de aproximación.

- (1) XY representa la parte útil de la trayectoria de vuelo medida y  $X_r Y_r$  la parte útil correspondiente de la trayectoria de vuelo de referencia.
- (2) Los puntos  $Q_0, Q_1, Q_n$  representan las posiciones del avión en la trayectoria de vuelo medida en los instantes  $t_0, t_1, t_n$  respectivamente. Consideramos el punto  $Q_1$  en el cual se emitió el ruido y se observó en la estación K como tercio de octava  $SPL(i)_1$  en el instante  $t_1$ . El punto  $Q_{r1}$  representa la posición correspondiente a la trayectoria de vuelo de referencia en el instante  $t_{r1}$  para el ruido percibido como  $SPL(i)_{r1}$  en la estación de medición de referencia  $K_r$ .  $Q_1 K$  y  $Q_{r1} K_r$  son, respectivamente las trayectorias de

## REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

propagación del ruido en las condiciones de medición y de referencia que forman en cada caso el ángulo  $\theta_1$  con las trayectorias de vuelo respectivas.  $Q_{r0}$  y  $Q_{rn}$  son, de modo similar, los puntos de trayectoria de vuelo de referencia correspondientes a  $Q_o$  y  $Q_n$  de la trayectoria de vuelo medida.  $Q_o$  y  $Q_n$  se seleccionan de modo que entre  $Q_{r0}$  y  $Q_{rn}$  figuren todos los valores del PNLTr (calculados y descritos a continuación) que sean inferiores en menos de 10 dB al valor de cresta.

**Nota 2:** Los tramos de la trayectoria de vuelo de ensayo y el perfil de referencia que son significativos para el cálculo del EPNL se ilustran en la Figura 2-15 a) y b) para las mediciones de ruido lateral.

- (3) XY representa la parte útil de la trayectoria de vuelo medida y  $X_r Y_r$ , la parte útil correspondiente de la trayectoria de vuelo de referencia;
- (4) Los puntos  $Q_o, Q_1, Q_n$  representan las posiciones del avión en la trayectoria de vuelo medida en los instantes  $t_o, t_1, t_n$  respectivamente. Consideramos el punto  $Q_1$  en el cual se emitió el ruido y se observó en la estación K de medición de referencia como tercio de octava  $SPL(i)_1$  en el instante  $t_1$ . El punto  $Q_{r1}$  representa la posición correspondiente a la trayectoria de vuelo de referencia en el instante  $t_{r1}$  para el ruido percibido como  $SPL(i)_{r1}$  en la estación de medición  $K_r$ .  $Q_{r1}K$  y  $Q_{r1}K_r$  son respectivamente las trayectorias de propagación del ruido en las condiciones de medición y de referencia.  $Q_{r0}$  y  $Q_{rn}$  son de modo similar, los puntos de la trayectoria de vuelo de referencia correspondientes a  $Q_o$  y  $Q_n$  de la trayectoria de vuelo medida.  $Q_o$  y  $Q_n$  se seleccionan de modo que entre  $Q_{r0}$  y  $Q_{rn}$  figuren todos los valores del PNLTr (calculados y descritos a continuación) que difieran en menos de 10 dB del valor de cresta. En este caso,  $K_r$  se especifica solamente como si estuviera en una línea lateral particular. La posición de  $K_r$  y  $Q_{r1}$  se determina a partir de la hipótesis de que:
  - (i)  $Q_1K$  y  $Q_{r1}K_r$  formen el mismo ángulo  $\theta_1$  con sus respectivas trayectorias de vuelo en todos los instantes  $t_1$ ; y
  - (ii) Las diferencias entre los ángulos  $\psi_1$  y  $\psi_{r1}$  se reduzcan al mínimo durante la parte pertinente de la evolución en función del tiempo mediante un método aprobado por las autoridades encargadas de la homologación.

**Nota 3:** En el caso particular de la medición del ruido lateral, la propagación del sonido resulta afectada no sólo por la ley de la inversa de los cuadrados y por la atenuación atmosférica, sino que por los efectos de absorción y reflexión del terreno que dependen principalmente del ángulo  $\psi$ . Por razones de geometría, generalmente no es posible elegir  $K_r$  de modo que se satisfaga la condición de 1) y al mismo tiempo  $\psi_1$  y  $\psi_{r1}$  se mantengan iguales en todos los instantes  $t$ .

**Nota 4:** El momento  $t_{r1}$  es posterior (en el caso en que  $Q_{r1}K_r > Q_1K$ ) al momento  $t_1$  y la diferencia entre ambos estriba en:

1. El tiempo que ha tomado el avión para cubrir la distancia  $Q_{r1}Q_{r0}$  a la velocidad  $V_r$  menos el tiempo tomado para  $Q_o$  a la velocidad  $V$ ;
2. el tiempo transcurrido para que el sonido cubra la distancia  $Q_{r1}K_r - Q_1K$

# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

**Nota 5:** Cuando se aplique reducción de empuje o de potencia, se efectuarán mediciones en las trayectorias de vuelo de ensayo y de referencia con pleno empuje o plena potencia y con empuje o potencia reducidos. En los puntos en que la región transitoria entre esos factores repercute sobre el resultado final, debe efectuarse una interpolación siguiendo un método aprobado tal como el que se describe en 2.2.1 del Manual técnico-ambiental sobre aplicación de los procedimientos de homologación de las aeronaves en cuanto al ruido (Doc 9501).

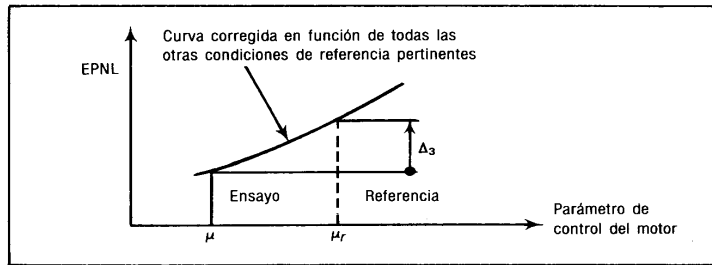


Figura 2-12. Corrección del ruido en función del empuje

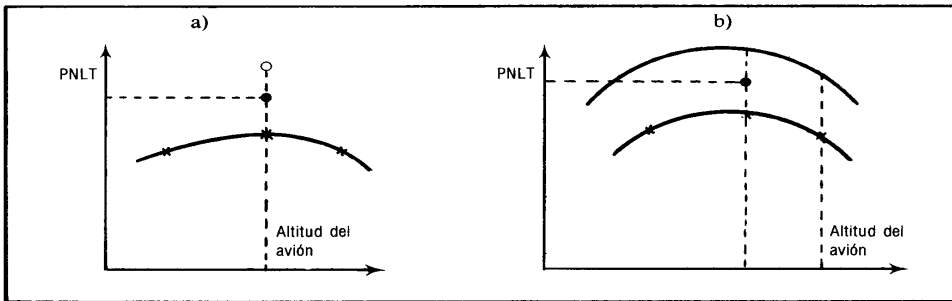


Figura 2-13. Corrección de simetría

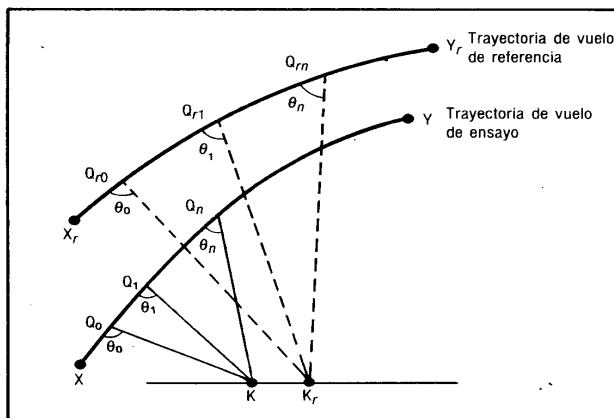


Figura 2-14. La relación entre las trayectorias de vuelo medida y de referencia para aplicar el método integrado de ajuste

# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

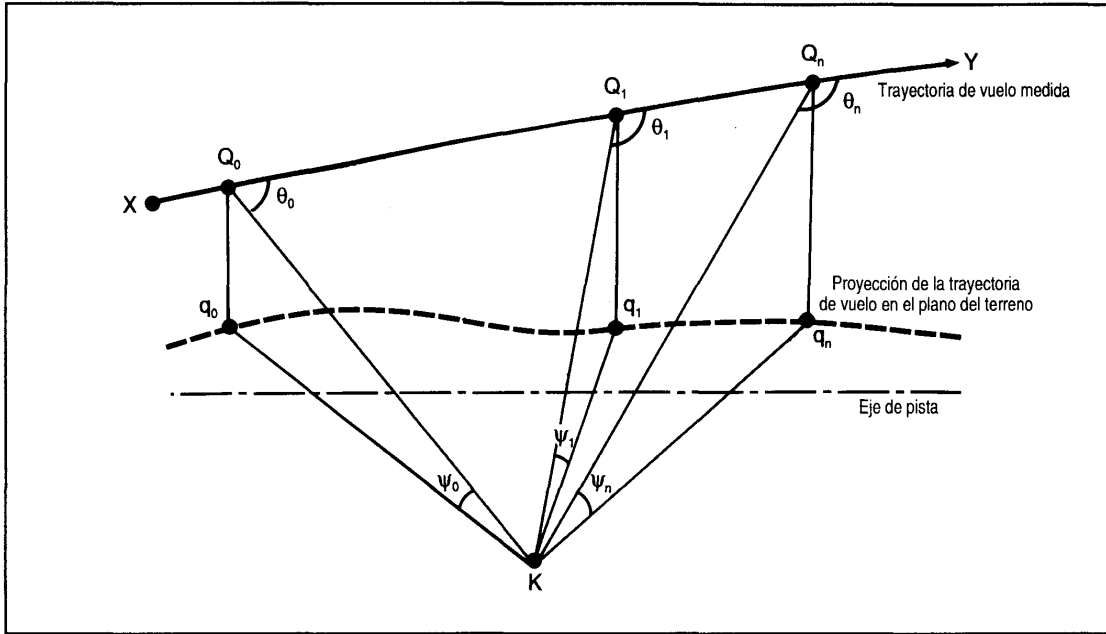


Figura 2-15 a). Trayectoria de vuelo medida

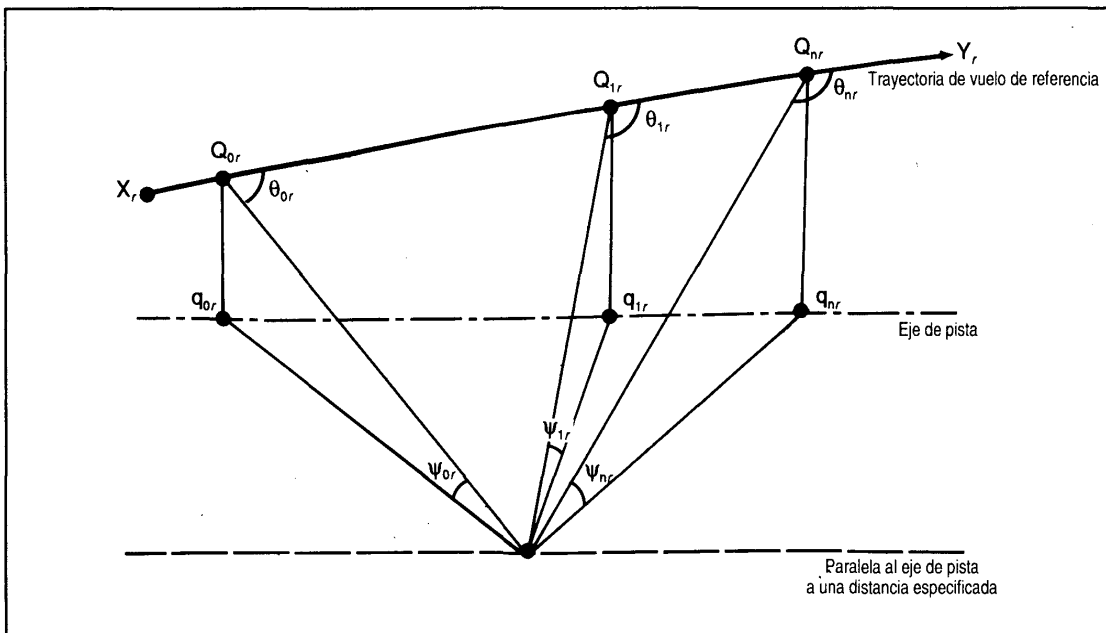


Figura 2-15 b). Trayectoria de vuelo de referencia



# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

Los valores medidos de  $SPL(i)_1$  etc., se ajustarán a los valores de referencia  $SPL(i)_{r1}$  etc., para tener en cuenta las diferencias entre las longitudes de trayectoria de ruido medida y de referencia y, entre las condiciones atmosféricas medidas y de referencia, siguiendo los métodos del (b) de 60. de este Apéndice. Se calcularán los valores correspondientes de  $PNL_{r1}$ .

Para cada valor de  $PNL_{r1}$ , se determinará una corrección por tono  $C_1$  mediante, un análisis de los valores de referencia  $SPL(i)_r$  etc., siguiendo los métodos de (c) de 68. de este Apéndice y se sumará a  $PNL_{r1}$  para obtener el  $PNLT_{r1}$ .

- (c) **Corrección por duración.** Los valores de  $PNLT_r$  correspondientes a los de  $PNLT$  en cada intervalo de medio segundo, se registran en función del tiempo ( $PNLT_{r1}$  en el momento  $t_{r1}$  etc.). A continuación se determina la corrección por duración siguiendo este de este Apéndice, para obtener el  $EPNL_r$ .
- (d) **Corrección del ruido en la fuente.** Finalmente, se determina una corrección del ruido en una fuente  $\Delta_3$  siguiendo los métodos de ajustes de la fuente previsto en este Apéndice.

## 69. Puntos de identificación de la trayectoria de vuelo

<u>Posición</u>	<u>Descripción</u>
A	Comienzo del recorrido de despegue.
B	Punto de despegue.
C	Comienzo del primer ascenso constante.
D	Comienzo de la reducción de empuje.
E	Comienzo del segundo ascenso constante.
F	Final de la trayectoria de aproximación para la homologación.
G	Comienzo de la trayectoria de aproximación para la homologación.
H	Punto sobre la trayectoria de aproximación en la vertical de la estación de del ruido.
I	Comienzo del enderezamiento.
J	Punto de toma de contacto
K	Punto de medición del ruido.
$K_r$	Punto de medición de referencia.
$K_1$	Punto de medición del ruido de sobrevuelo.
$K_2$	Punto de medición del ruido lateral.
$K_3$	Punto de medición del ruido de aproximación.
M	Final de la derrota de despegue para la homologación.
O	Umbral en el extremo de aproximación de la pista.
P	Comienzo de la derrota de aproximación para la homologación.
Q	Punto, sobre la trayectoria de despegue medida, correspondiente al $PNLTM$ aparente en la estación K. Véase 9.3.2.
$Q_r$	Punto, sobre la trayectoria de despegue corregida, correspondiente al $PNLTM$ en la estación K. (Véase ajustes de la fuente)
V	Velocidad de ensayo del avión.
$V_r$	Velocidad de referencia del avión.

# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

## 70. Distancias de la trayectoria de vuelo

<u>Distancia</u>	<u>Unidad</u>	<u>Significado</u>
<b>AB</b>	metros	<b>Longitud del recorrido de despegue.</b> <i>Distancia a lo largo de la pista entre el punto en que comienza el recorrido de despegue y el punto en que, efectivamente, el avión se separa del suelo.</i>
<b>AK</b>	metros	<b>Distancia de medición de despegue.</b> <i>La distancia a partir del comienzo del recorrido hasta la estación de medición del ruido de despegue, a lo largo de la prolongación del eje de la pista.</i>
<b>AM</b>	metros	<b>Distancia de la derrota de despegue.</b> <i>La distancia desde el comienzo del recorrido hasta el punto de la derrota de despegue, a lo largo de la prolongación del eje de la pista, para la cual ya no hace falta registrar la posición del avión.</i>
<b>QK</b>	metros	<b>Trayectoria de ruido medida.</b> <i>La distancia desde la posición Q, medida, del avión hasta la estación K.</i>
<b>Q<sub>r</sub>K<sub>r</sub></b>	metros	<b>Trayectoria de ruido de referencia.</b> <i>La distancia desde la posición Q<sub>r</sub> de referencia el avión hasta la estación K<sub>r</sub>.</i>
<b>K<sub>3</sub>H</b>	metros	<b>Altura de aproximación del avión.</b> <i>La (pies) altura del avión sobre la estación de medición de aproximación.</i>
<b>OK<sub>3</sub></b>	metros	<b>Distancia de medición de aproximación.</b> <i>La distancia desde el umbral de pista hasta la estación de medición de aproximación, a lo largo de la prolongación del eje de la pista.</i>
<b>OP</b>	metros	<b>Distancia de la derrota de aproximación.</b> <i>La distancia desde el umbral de pista hasta el punto de la derrota de aproximación, a lo largo de la prolongación del eje de la pista, para el cual ya no hace falta registrar la posición del avión.</i>

Nota: Apéndice adoptado conforme al artículo Primero de la Resolución N° 03592 del 28 de Diciembre de 2015. Publicada en el Diario Oficial N° 49.809 del 08 de Marzo de 2016.

# REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA

---

**Nota:** Mediante el Artículo Segundo de la Resolución N° 03592 del 28 de Diciembre de 2015. Publicada en el Diario Oficial N° 49.809 del 08 de Marzo de 2016, se derogó la norma RAC 11 de los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia y se reservó su ubicación para ser utilizada por un nuevo RAC 11, sobre Reglas para el desarrollo, aprobación y enmienda de los RAC.