

ISO 9613 ATENUACIÓN DEL SONIDO DURANTE LA PROPAGACIÓN EN EXTERIORES.

PARTE 1: CÁLCULO DE LA ABSORCIÓN DEL SONIDO POR LA ATMÓSFERA

1 Scope

Esta parte de ISO 9613 especifica un método analítico para calcular la atenuación de sonido como resultado de la absorción atmosférica para diversas condiciones meteorológicas donde el sonido desde cualquier fuente se propaga a través de la atmósfera exterior.

Para tonos puros de sonido, la atenuación debido a la absorción atmosférica es especificada en términos de un coeficiente de atenuación como función de cuatro variables: frecuencia de sonido, temperatura, humedad y presión del aire. Calculados los coeficientes de atenuación son mostrados en forma de tablas para rangos de variables comúnmente encontrados en la predicción de propagación de sonido en exteriores:

- Frecuencia desde 50Hz hasta 10 kHz.
- Temperatura desde -20 °C a 50 °C
- humedad relativa desde 10% hasta 100% y
- Presión de 101,325 kPa (una atmósfera)

las fórmulas además proporciona un rango adecuado para usos particulares, por ejemplo, a frecuencias ultrasónicas para modelación a escala, y a bajas presiones para grandes altitudes hacia el suelo.

Para sonidos de banda ancha analizados con filtros de bandas de tercios de octava, se especifica un método para calcular la atenuación por efecto de la absorción atmosférica a partir de estas especificaciones para tonos puros en las frecuencias centrales. Un método alternativo de integración de espectros se describe en el anexo D. El espectro de sonido puede ser de banda ancha sin componentes de frecuencias discretas significantes o puede ser la combinación de sonidos de frecuencia discreta o de banda ancha.

Esta parte de ISO 9613 está aplicada a una atmósfera con condiciones meteorológicas uniformes. Puede además ser usada para determinar ajustes aplicables a mediciones de niveles de presión sonora donde existen diferencias entre pérdidas de absorción atmosférica bajo diferentes condiciones meteorológicas. La extensión del método a atmósferas no homogéneas es considera en el anexo C, en particular condiciones meteorológicas que varían con la altura sobre el suelo.

Además, esta parte de ISO 9613 considera (calcula) para los principales mecanismos de absorción presentes en una atmósfera desprovista de humo o contaminantes. El cálculo de atenuación de sonido por otros mecanismos, como refracción o reflexión del suelo, esta descrito en ISO 9613-2

2 Normativa de referencia

Los siguientes estándares contiene consideraciones las cuales, a través de las referencias en el texto, constituyen consideraciones de esta parte de ISO 9613. Son válidas al tiempo de publicación. Todos los estándares están sujetos a revisión, y parte del comportamiento basado en esta parte de ISO 9613 son llevados a investigar la posibilidad de aplicar las más recientes ediciones de estándares indicados más abajo. Miembros de ISO y IEC mantienen registros de la validación de estándares internacionales corrientes.

ISO 2533:1975. Atmósfera estándar

ISO 266:1975. Acústica, frecuencias preferidas para mediciones

IEC 225:1966. Filtros de octava y tercio de octava para el análisis de ruido y vibraciones.

3 Símbolos

f frecuencia del sonido, en hertz.

f_m frecuencia central de una banda, en hertz

h concentración molar de vapor de agua, como un porcentaje

p_r presión atmosférica ambiente de referencia, en kilopascales.

p_i amplitud de presión sonora inicial, en pascales.

p_t amplitud de presión sonora, en pascales

p_0 amplitud de presión sonora de referencia (20 μ Pa)

p_a presión atmosférica ambiente, en kilopascales.

s distancia, en metros, a través de la cual el sonido se propaga

T temperatura atmosférica ambiente, en kelvin.

T_0 temperatura de referencia del aire, en kelvin.

α coeficiente de atenuación de tonos puros en decibeles por metro, para absorción atmosférica.

NOTA 1: Por conveniencia, en esta parte de la ISO 9613, se usará el término coeficiente de atenuación para α en lugar de una descripción completa.

δL_t Atenuación debido a la absorción atmosférica, en decibeles

4 Condiciones atmosféricas de referencia.

4.1 Composición

La absorción atmosférica es sensible a la composición del aire, particularmente a la amplia variación de concentración de vapor de agua. Por ejemplo, para el aire seco a nivel del mar, la concentración molar estándar o los volúmenes fraccionales de los tres principales, normalmente mezclados constituyentes, nitrógeno, oxígeno y dióxido de carbono son: 0,78084; 0,209476; y 0,000314 respectivamente (tomado de ISO 2533). Para el aire seco, otra menor parte de constituyentes, las cuales no tienen influencia significativa en la absorción del atmosférica, ocupan la fracción restante de 0,00937. Para cálculos de absorción atmosférica, la concentración molar estándar de los tres principales constituyentes del aire seco puede ser asumida como constante para altitudes de al menos 50 km. sobre el nivel medio del mar. Sin embargo, la concentración molar del vapor de agua, el cual tiene mayor influencia en la absorción atmosférica, varía ampliamente cerca del suelo por sobre dos de magnitud desde el nivel de mar hasta 10 km.

4.2 Presión atmosférica y temperatura.

Para propósitos de esta parte de ISO 9613, la presión atmosférica ambiente de referencia, p , se toma del Estándar Internacional de Atmósfera, esto es 101,325 kPa. La temperatura de referencia del aire T_0 es 293,15 K (20°C), es decir, la temperatura a la cual se obtienen los más confiables datos de apoyo de esta parte de ISO 9613.

5 Coeficiente de atenuación debido a la absorción para tonos puros.

5.1 Expresión básica para la atenuación

Como un tono puro se propaga a través de la atmósfera sobre la distancia s , la amplitud de la presión sonora p decrece exponencialmente como resultado del efecto de la absorción atmosférica cubierta por esta parte de ISO 9613 desde el valor inicial p_i , de acuerdo con la fórmula de decaimiento para ondas planas en espacio libre.

$$P_t = p_i \exp(-0,1151 \alpha s) \quad \dots(1)$$

NOTA 2: El término $\exp(-0,1151 \alpha s)$ representa la base e del logaritmo neperiano basado en el exponente indicado por el argumento en paréntesis y la constante $0,1151 = 1/[10\log(e^2)]$.

5.2 Atenuación de niveles de presión sonora

La atenuación debido a la absorción atmosférica $\delta L_t(f)$, en decibeles, en el nivel de presión sonora de un tono puro con frecuencia f , a partir del valor inicial a $s = 0$ al nivel a distancia s , está dado por

$$\delta L_t(f) = 10 \log (p_i^2 / p_t^2) \quad \text{dB} = \alpha s \quad \dots(2)$$

6 Procedimiento de cálculo para el coeficiente de atenuación de tonos puros

6.1 Variables

Las variables acústicas y atmosféricas, es decir frecuencia de sonido, temperatura atmosférica ambiente, concentración molar de vapor de agua y presión atmosférica ambiente, están detalladas en la parte 3, junto con sus símbolos y unidades.

NOTAS

3 Para un ejemplo específico de muestra de aire, la concentración molar de vapor de agua es la razón (expresada como un porcentaje) del número de kilomoles de vapor de agua a la suma del número de kilomoles de vapor de agua y aire húmedo. Por la ley de Avogadro, la concentración molar del vapor de agua es además la razón de la presión de vapor de agua a la presión atmosférica.

4

7 Precisión del coeficiente de atenuación de tonos puros calculado para varios rangos de variables.

7.1 Precisión de $\pm 10\%$

La precisión del coeficiente de atenuación para tonos puros calculado para absorción atmosférica es estimado en $\pm 10\%$ para variables dentro de los siguientes rangos:

- Concentración Molar de vapor de agua: 0,05 % a 5 %
- Temperatura del aire: 253,15 K a 323,15 K (-20°C a 50°C)
- Presión atmosférica: menor que 200 Kpa (2 atm)
- Razón de frecuencia a presión: 4×10^{-4} Hz/Pa a 10 Hz/Pa (40 Hz/atm a 1MHz/atm)

NOTA 7: Combinaciones de concentraciones de vapor de agua y temperatura las cuales implican una humedad relativa mayor que un 100% en 7.1 y 7.3 son excluidas a partir de las correspondientes estimaciones de precisión.

7.2 Precisión de $\pm 20\%$

La precisión del coeficiente de atenuación para tonos puros calculado para absorción atmosférica es estimado en $\pm 20\%$ para variables dentro de los siguientes rangos:

- Concentración Molar de vapor de agua: 0,005 % a 0,05 %, y mayor que 5%
- Temperatura del aire: 253,15 K a 323,15 K (-20°C a 50°C)
- Presión atmosférica: menor que 200 Kpa (2 atm)
- Razón de frecuencia a presión: 4×10^{-4} Hz/Pa a 10 Hz/Pa (40 Hz/atm a 1MHz/atm)

7.3 Precisión de $\pm 50\%$

La precisión del coeficiente de atenuación para tonos puros calculado para absorción atmosférica es estimado en $\pm 50\%$ para variables dentro de los siguientes rangos, los cuales incluyen las condiciones ambientales encontradas a altitudes sobre 10 km:

- Concentración Molar de vapor de agua: menor que 0,005 %
- Temperatura del aire: mayores que 200 K (-73°C)
- Presión atmosférica: menor que 200 Kpa (2 atm)
- Razón de frecuencia a presión: 4×10^{-4} Hz/Pa a 10 Hz/Pa (40 Hz/atm a 1MHz/atm)

8 Cálculo de atenuación por absorción atmosférica sonidos de banda ancha analizados por filtros de bandas de octava.

8.1 Descripción del problema general y método de cálculo

Los apartados anteriores de esta parte de la ISO 9613 han considerado el efecto de la absorción atmosférica en la reducción del nivel de un tono puro durante la propagación a través de la atmósfera. En la práctica, sin embargo, el espectro de muchos sonidos cubre un amplio rango de frecuencias, y un análisis espectral es realizado normalmente por filtros de bandas de octava esto produce niveles de presión sonora en bandas de frecuencia.

8.2 Método de tonos puros para aproximar atenuación de niveles de banda

8.2.1 Para cada banda de octava de interés y con condiciones meteorológicas especificada uniformes a lo largo del camino de propagación del sonido, calculamos el coeficiente de atenuación resultante a partir de la absorción atmosféricas para frecuencias centrales exactas de bandas (como se determinó desde la ecuación 6), usando el procedimiento de tonos puros descrito en la sección 6. La atenuación de nivel de banda para cada banda de frecuencia, en decibeles, es entonces el producto del coeficiente de atenuación para frecuencias centrales y la longitud del camino, como en la ecuación 2 para tonos puros. Pueden ocurrir condiciones meteorológicas no uniformes a través de un largo camino, como se discute en el anexo C.

8.2.2 El error en la atenuación del nivel de banda introducido por este método de cálculo de tonos puros es estimado para no exceder 0,5 dB provocado por:

- filtro pasa banda de acuerdo con la clase 1 o clase 0 del límite de tolerancia de EIC 225;
- para filtros de banda de tercio de octava, el producto de la longitud del camino fuente receptor, en kilómetros, y el cuadrado de la frecuencia central, en kilohertz no excede $6 \text{ km} \cdot \text{kHz}^2$ o la longitud del camino no excede 6 km (en cualquier banda central);
- para filtros de octava, el producto de la longitud de camino fuente-receptor, en kilometros, y el cuadrado de la frecuencia central, en

kilohertz no excede $3 \text{ km} \cdot \text{kHz}^2$ o la longitud del camino no excede 3 km (en cualquier banda central).

8.2.3 El método descrito en 8.2.1 es aplicable al cálculo de atenuación de nivel de banda del sonido producido por fuentes de sonido estacionarias o en movimiento. Si la fuente de sonido se mueve durante el periodo de interés, la atenuación a partir de la absorción atmosférica varía con el tiempo porque la frecuencia efectiva (o longitud de onda efectiva) varía con el tiempo debido al efecto Doppler. Este efecto debe ser tomado en cuenta calculando el coeficiente de atenuación para la frecuencia afectada por el efecto Doppler, aplicable al ángulo de emisión de sonido para cada tiempo de interés.

8.3 Cálculo de la atenuación de absorción atmosférica para niveles de presión sonora ponderado A.

Debido a que el efecto de la absorción atmosférica es muy dependiente de la frecuencia, los procedimientos recomendados para la predicción de la influencia de la absorción atmosférica en niveles de presión sonora ponderado A, descritos con un ejemplo en el anexo E, son primero determinar la atenuación de nivel de banda aplicable a la condición atmosférica. Aplicada la atenuación de nivel de banda calculado al nivel de presión sonora de banda determinado a la distancia de referencia.

8.4 Sonidos de banda ancha y tonos puros combinados.

Para señales de banda ancha y con componentes de uno o más tonos puros, se debe seguir el siguiente procedimiento para calcular la atenuación de niveles de presión sonora por bandas de octava como resultado de la absorción atmosférica. El procedimiento es aplicable a sonidos producidos fuentes en movimientos o estacionarias. Si la fuente está en movimiento, el coeficiente de atenuación debe ser calculado por el efecto Doppler para componentes de tonos puros o frecuencias centrales de componentes de banda ancha, como se describe en 8.2.3.

Paso 1 Separar el espectro medido, basándose en los niveles de presión rms, en componentes de tonos puros y de banda ancha. Para componentes de tonos puros, la frecuencia del tono puede ser determinada por análisis de espectro con un filtro de banda angosta, con un conocimiento previo de los tonos de la fuente o definiendo un protocolo de estimación de la presencia y nivel de un tono basado solamente en cambios relativos en el nivel de presión sonora de la banda de octava (o tercio de octava) adyacente. Para casos posteriores, la frecuencia del tono puede ser asumida como la frecuencia central exacta del filtro de banda. Sin embargo, si el método de aproximación para tonos puros dado en 8.2 es usado para el elemento de banda ancha, y si la frecuencia del tono es asumida como la frecuencia central del filtro de banda, entonces el procedimiento de separar los componentes espectrales no es necesario

porque la misma atenuación para tono-puro podría aplicarse a ambos casos de componentes de banda ancha y frecuencias discretas.

Paso 2 Calcular la atenuación sobre la longitud del camino especificado para cada componente espectral separadamente utilizando los métodos especificados en 5.2 y 6.3 para componentes de tonos puros, y en 8.2 para componentes de banda ancha.

Paso 3 Si el espectro inicial es del sonido de la fuente en el punto de ubicación de la fuente, reste las atenuaciones de la absorción atmosférica calculada de las frecuencias discretas separada y componentes de banda ancha, para obtener estimaciones de los niveles de presión sonora de los componentes separados del espectro en la posición del receptor, tomando en cuenta solamente pérdidas por absorción atmosféricas. Si el espectro inicial es el de un sonido en la ubicación del receptor las atenuaciones calculadas de la absorción atmosférica para obtener estimaciones de los NPS correspondientes a la posición de la fuente. Además reste (sume) estimaciones para atenuación debido a otros mecanismos (divergencia de ondas, etc.) al nivel de presión de las bandas de frecuencia del espectro inicial.

Paso4: Combine las estimaciones para las presiones de sonido rms de los componentes por separados del espectro para obtener los NPS de las bandas del espectro compuesto en la posición del receptor o fuente.

ISO 9613 ATENUACIÓN DE SONIDO DURANTE LA PROPAGACIÓN EN EXTERIORES.

PARTE 2: MÉTODO GENERAL DE CÁLCULO.

1 Resumen

Esta parte de la ISO 9613 especifica un método ingenieril para calcular la atenuación de sonido durante la propagación en exteriores para predecir los niveles de ruido ambiental a una distancia de una variedad de fuentes. El método. El método predice el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A (como se describe en las partes 1 a la 3 de ISO 1996) bajo condiciones meteorológicas favorables para la propagación a partir de fuentes de emisión de sonido conocido.

Esta condiciones son para propagación con bajo viento, como se especifica en 5.4.3.3 de ISO 1996-2:1987 o equivalentemente propagación bajo inversión de temperatura, tal como ocurre comúnmente ocurre en la noche. Las condiciones de inversión sobre superficies de agua no son cubiertas y pueden resultar en niveles de presión sonora más altos como se predice en esta parte de ISO 9613.

EL método además predice un promedio de nivel de presión sonora ponderado A como se especifica en ISO 1996-1 y ISO 1996-2. El promedio de nivel de presión sonora ponderado A abarca niveles para una amplia variedad de condiciones meteorológicas.

EL método especificado en esta parte de ISO 9613 consiste específicamente de algoritmos de banda de octava (con frecuencias centrales nominales a partir de 63 Hz y hasta 8 kHz) para calcular la atenuación de sonido el cual se origina a partir de una fuente puntual o un grupo de fuentes puntuales. La fuente (o fuentes) pueden estar en movimiento o estacionarias. Los términos específicos son proporcionados en los algoritmos para los siguientes efectos físicos:

- Divergencia geométrica
- Absorción atmosférica
- Efecto del suelo
- Reflexiones de superficies
- Apantallamiento por obstáculos.

Información adicional concerniente a la propagación a través de casas bosques y sitios industriales están dadas en el anexo A.

Este método es aplicable en la práctica a una gran variedad de fuentes y ambiente de ruido. Es aplicable, directa o indirectamente, a muchas situaciones concernientes a tráfico rodado o de ferrocarriles, fuentes de ruido industrial, actividades de construcción y muchas otras fuentes de ruido. Esto no es aplicable a ruido de aviones en vuelo o ondas explosiones de la minería o militares u operaciones similares.

Para aplicar el método de esta parte de ISO 9613, varios parámetros necesitan ser conocidos con respecto a la geometría de la fuente y del ambiente, las características de la superficie del suelo, y de la fuerza de la fuente en términos de niveles de presión sonora en bandas de octava para direcciones relevantes a la propagación.

Nota 1: Si solamente se conocen niveles de presión sonora ponderado A, el término de atenuación para 500 Hz puede ser usado para estimar la atenuación resultante.

La precisión del método y las limitaciones de este uso en la práctica están descritas en la parte 9.

2 Normativa de referencia

Los siguientes estándares contienen previsiones las cuales, a través de referencias en el texto, constituyen previsiones de esta parte de ISO 9613. Al mismo tiempo de publicación, la edición indica su validez. Todos los estándares están sujetos a revisión, y parte del acuerdo basado en esta parte de ISO 9613 están alentando la investigación de la posibilidad de aplicar la más reciente edición de los estándares indicados debajo. Miembros del IEEC e ISO mantienen registro de la validación de estándares internacionales.

ISO 1996-1: 1982 Descripción y medición de ambientes de ruido. Parte 1: cantidades básicas y procedimientos.

ISO 1996-2: 1987 Descripción y medición de ambientes de ruido. Parte 2: Adquisición de datos pertinentes al uso de suelo.

ISO 1996-3: 1987 Descripción y medición de ambientes de ruido. Parte 3: Aplicación de límites de ruido.

ISO 9613-1: 1993 Atenuación de sonido durante la propagación en exteriores. Parte 1: Cálculo de la absorción de sonido por la atmósfera.

IEC 651: 1979 Medidores de nivel de sonido, mejora 1: 1993.

3 Definiciones

Para los propósitos de esta parte de ISO 9613, las definiciones dadas en ISO 1996-1 y las siguientes definiciones aplicadas.

3.1 Nivel de presión sonora continuo equivalente, en decibeles, definido por la ecuación 1:

$$L_{AT} = 10 \log \left\{ \left[\left(1/T \right) \int_0^T p_A^2(t) dt \right] / p_0^2 \right\} \text{ dB} \quad \dots(1)$$

donde:

$p_A(t)$ es la presión de sonido ponderado A instantánea, en pascales;

p_0 es la presión sonora de referencia ($=20 \times 10^{-6}$ Pa);

T es el intervalo de tiempo especificado, es segundos.

La ponderación A por frecuencias está especificado para los medidores de nivel en IEC 651.

Nota 2 El intervalo de tiempo T debe ser bastante largo para promediar el efecto de la variación de parámetros meteorológicos. Dos diferentes situaciones son consideradas en esta parte de ISO 9613, llamadas término corto bajo viento y término largo sobre el promedio.

Símbolo	Definición	Unidad
A	Atenuación por banda de octava	dB
C_{met}	Corrección meteorológica	dB
d	Distancia desde la fuente puntual al receptor (ver fig. 3)	m
d_p	Distancia desde la fuente puntual al receptor proyectado en el plano del suelo (ver fig. 1)	m
$d_{s,o}$	Distancia entre fuente y punto de reflexión en el obstáculo reflectante (ver fig. 8)	m
$d_{o,r}$	Distancia entre el punto de reflexión en el obstáculo reflectante y el receptor (ver fig. 8)	m
d_{ss}	Distancia desde la fuente al (primer) borde de difracción (ver fig. 6 y 7)	m
d_{sr}	Distancia desde (segundo) el borde de difracción al receptor (ver figuras 6 y 7)	m
D_i	Índice de directividad de la fuente sonora puntual	-
D_z	Atenuación por apantallamiento	-
e	Distancia entre el primer y segundo borde de difracción (ver fig. 7)	m
G	Factor de suelo	-
h	Altura media del receptor y fuente	m

h_s	Altura de la fuente puntual sobre el suelo (ver fig. 1)	m
h_r	Altura del receptor sobre el suelo (ver fig. 1)	m
h_m	Altura media del camino de propagación sobre el suelo (ver fig. 3)	m
H_{max}	Mayor dimensión de la fuente	m
I_{min}	Menor dimensión (largo o alto) del plano reflectante (ver fig.8)	m
L	Nivel de presión sonora	dB
α	Coefficiente de atenuación atmosférica	dB/km
β	Angulo de incidencia	rad
ρ	Coefficiente de Reflexión de sonido	-

3.2 Nivel de presión sonora continuo equivalente por bandas de octava Downwind, $L_{Tf}(DW)$: El nivel de presión sonora, en decibeles, está definido por la ecuación (2):

$$L(DW) = 10 \log \left\{ \left[(1/T) \int_0^T p_f^2(t) dt \right] / p_0^2 \right\} \text{ dB} \quad \dots(2)$$

donde $p_f(t)$ es la presión sonora instantánea por bandas de octava downwing, en pascales, y el subíndice f representa frecuencia central nominal del filtro de banda de octava.

Nota 3: Las características eléctricas de los filtros de banda de octava deberían ser acordes al menos con los requerimientos de la clase 2 de IEC 1260.

3.3 Pérdida por inserción (de una barrera): Diferencia, en decibeles, entre el nivel de presión sonora en el receptor en una posición específica bajo dos condiciones:

- sin la presencia de la barrera, y
- con la barrera presente.

Y sin otros cambios significativos que afecten la propagación del sonido.

4 Descripción de la fuente

Las ecuaciones a ser usadas son las atenuación de sonido a partir de fuentes puntuales. Extensiones de fuentes de ruido, tales como tráfico de vehículos y ferrocarriles o un complejo industrial (el cual incluye varias instalaciones o plantas junto con el movimiento de tráfico en el lugar) deberían ser representadas por un conjunto de secciones, cada una teniendo un cierto nivel de potencia sonora y directividad. La atenuación calculada para sonidos a partir de un punto representativo dentro de una sección es usado para representar la atenuación de sonido desde la sección completa. Una línea puede ser dividida en secciones de líneas, una área fuente en dos secciones, cada una representada por una fuente puntual en el centro.

Sin embargo, un grupo de fuentes puntuales puede ser descrito como una fuente puntual equivalente situada en la mitad del grupo, en particular si:

- Las fuentes tienen aproximadamente las mismas energía y altura sobre el plano del suelo.
- existen las mismas condiciones de propagación desde la fuente al punto de recepción., y
- la distancia d a partir de una fuente puntual equivalente al receptor excede dos veces la mayor dimensión H_{\max} de la fuente ($d > 2 H_{\max}$).

Si la distancia d es menor ($d < H_{\max}$), o si las condiciones de propagación para los componentes de la fuente puntual son diferentes (debido a una barrera, por ejemplo), la fuente sonora total debería ser dividida en componentes de fuentes puntuales.

Nota 4: En suma la condición real de las fuentes descrita arriba, se deen incluir fuentes imágenes para describir las reflexiones de sonido de muros y techos (pero no del suelo), como se describe en 7.5.

5 Condiciones Meteorológicas

Las condiciones de propagación downwind para el método especificado en esta parte de ISO 9613 son mostradas en la sección 5.4.3.3 de ISO 1996-2: 1987, es decir:

- dirección del viento dentro de un ángulo de $\pm 45^\circ$ de la dirección conteniendo el centro de fuente sonora dominante y el centro de la región receptora especificada, con el viento soplando desde la fuente hacia el receptor,
- la velocidad del viento entre aproximadamente 1m/s y 5 m/s, medido a una altura de entre 3m y 11m. sobre el suelo.

Las ecuaciones para calcular el promedio de nivel de presión sonora downwind $L_{AT}(DW)$ en esta parte de ISO 9613., incluyendo las ecuaciones para la atenuación dadas en la cláusula 2 dentro de este límite. El término

promediado aquí, recurre al promedio sobre un corto intervalo de tiempo, como se define en 3.1.

Estas ecuaciones además mantienen, equivalentemente, para el promedio de propagación bajo una inversión de temperatura del suelo moderada, tal como ocurre comúnmente en las noches.

6 Ecuaciones básicas

El nivel de presión sonora continuo equivalente por bandas de octava downwind, $L_{rT}(DW)$, debe ser calculado para cada fuente puntual y sus fuentes imagen, y por cada banda de octava con la frecuencia central nominal desde 63 Hz y hasta 8kHz a partir de la ecuación (3):

$$L_{rT}(DW) = L_w + D_c - A \quad \dots(3)$$

donde:

L_w es el nivel de potencia sonora por bandas de octava, en decibeles, producido por la fuente sonora puntual relativo a una potencia sonora de referencia de 1 picowatt (1pW);

D_c es la corrección por directividad, en decibeles, esto describe la extensión por la cual el nivel de presión sonora continuo equivalente a partir de una fuente puntual desvía en una dirección específica a partir del nivel de una fuente sonora puntual omnidireccional produciendo un nivel de potencia sonora L_w , D_c es igual al índice de directividad D de una fuente puntual más un índice D_0 acorde con la propagación de sonido en ángulos sólidos menores que 4π estereoradianes; para una fuente puntual omnidireccional radiando en el espacio libre, $D_c = 0$ dB;

A es la atenuación por bandas de octava, en decibeles, esta ocurre durante la propagación desde una fuente sonora puntual hasta el receptor.

Notas

5 La letra A significa atenuación en esta parte de ISO 9613 excepto en subíndices, donde indica ponderación A de frecuencia.

6 Los niveles de potencia sonora en la ecuación (3) pueden ser determinados a partir de mediciones, por ejemplo como se describe en ISO 3740(para maquinaria) o en ISO 8297 (para industriales).

El termino de atenuación A en la ecuación (3) esta dado por la ecuación (4):

$$A = A_{div} + A_{atm} + A_{gr} + A_{bar} + A_{misc}$$

donde

A_{div} atenuación debido a la divergencia geométrica (ver 7.1);

- A_{atm} atenuación debido a la absorción atmosférica (ver 7.2);
- A_{gr} atenuación por efecto del suelo (ver 7.3);
- A_{bar} atenuación por efecto de barreras (ver 7.4);
- A_{misc} atenuación por otros efectos similares (ver anexo A).

El método general para calcular los primeros cuatro términos en la ecuación (4) son especificados en esta parte de ISO 9613. Información de tres tipos contribuciones al último término, A_{misc} (la atenuación debido a la propagación a través de bosque, sitios industriales y áreas habitacionales), esta dada en el anexo A.

El nivel de presión sonora continuo equivalente downwind ponderado A se obtiene sumando las contribuciones de presión sonora time mean square calculadas de acuerdo a las ecuaciones (3) y (4) para cada fuente sonora puntual, para cada fuente imagen y para cada banda de octava, como se especifica en la ecuación (5):

donde

- n es el número de contribuciones i (fuentes y caminos);
- j es un índice que indica en octavo estándar de frecuencia central por octava desde 63 Hz hasta 8kHz;
- A_f denota la ponderación A estandarizada (ver IEC 651).

El término promedio de nivel de presión sonora ponderado A $L_{AT} (LT)$ debe ser calculado de acuerdo a:

$$L_{AT} (LT) = L_{AT} (DW) - C_{met} \quad \dots(6)$$

donde C_{met} es la corrección meteorológica descrita en la cláusula 8.

El cálculo y significado de varios términos en las ecuaciones (1) a la (6) son explicados en las siguientes cláusulas. Para un tratamiento más detallado de los términos de atenuación, ver la literatura de referencia dada en el anexo B.

7 Cálculo de términos de atenuación

7.1 Divergencia geométrica (A_{div})

La divergencia geométrica ocurre para propagación esférica en el espacio libre desde una fuente sonora puntual, haciendo la atenuación, en decibeles, igual a:

$$A_{div} = 20 \log (d/d_0) + 11 \quad \text{dB} \quad \dots(7)$$

donde

d es la distancia desde la fuente al receptor, en metros;

d_0 es la distancia de referencia (=1 m).

Nota 7 La constante en la ecuación 7 relaciona al nivel de potencia sonora al nivel de presión sonora a una distancia de referencia d_0 la cual es de 1 m. para una fuente sonora omnidireccional puntual.

7.2 Absorción atmosférica (A_{atm})

La atenuación debido a la absorción atmosférica A_{atm} , en decibeles, durante la propagación a través de una distancia d , en metros, está dada por la ecuación (8):

$$A_{atm} = \alpha d / 1000 \quad \dots(8)$$

donde α es la coeficiente de atenuación atmosférica, en decibeles por kilómetro, para cada banda de octava en la frecuencia central (ve r tabla 2).

Para valores de α en condiciones no cubiertas en la tabla 2, ver ISO 9613-1.

Notas

8 el coeficiente se atenuación atmosférica depende fuertemente de la frecuencia de sonido, la temperatura ambiente y humedad relativa del aire, pero débilmente de la presión ambiente.

9 para calcular el nivel de ruido ambiental, el coeficiente de atenuación atmosférica se debe basar en valores promedio determinados por el rango del tiempo ambiental el cual es relevante para el lugar.

Coeficiente de absorción atmosférica α [dB/km]									
Temperatura	Humedad Relativa	Frecuencia central nominal [Hz]							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
°C	%								
10	70	0,1	0,4	1,0	1,9	3,7	9,7	32,8	117
20	70	0,1	0,3	1,1	2,8	5,0	9,0	22,9	76,6
30	70	0,1	0,3	1,0	3,1	7,4	12,7	23,1	59,3
15	20	0,3	0,6	1,2	2,7	8,2	28,2	88,8	202
15	50	0,1	0,5	1,2	2,2	4,2	10,8	36,2	129
15	80	0,1	0,3	1,1	2,4	4,1	8,3	23,7	82,8

7.3 Efecto del suelo (A_{gr})

7.3.1 Método general de cálculo

La atenuación, A_{gr} , es principalmente el resultado del sonido reflejado por la superficie del suelo que interfiere con la propagación de sonido directamente desde la fuente al receptor.

El camino de propagación downwind-curving, asegura que esta atenuación es determinada principalmente por la superficie del suelo cercana a la fuente y cerca al receptor. Este método de cálculo del efecto del suelo es aplicable solamente al suelo que es aproximadamente plano, o horizontalmente o con una pendiente constante. Se especifican tres distintas regiones para la atenuación de sonido (ver figura 1):

- a) región de la fuente, extendida sobre una distancia desde la fuente hacia el receptor de $30h_s$, con un máximo de distancia de d_p (h_s es la altura de la fuente, y d_p la distancia desde la fuente al receptor, como proyectado sobre el plano);
- b) región del receptor, extendida sobre la distancia desde el receptor hacia la fuente de $30h_r$, con un máximo de distancia de d_p (h_r es la altura del receptor);
- c) región media, extendida sobre la distancia entre la región de la fuente y del receptor. Si $d_p < (30h_s + 30h_r)$, las regiones de fuente y receptor están sobre estimadas y no existe región media.

De acuerdo con este esquema, la atenuación del suelo no se incrementa con el tamaño de la región media pero es más dependiente de las propiedades de las regiones de fuente y receptor. Las propiedades acústicas de cada región de suelo son tomadas en cuenta a través de un factor G . Se especifican tres categorías de superficies reflectantes, estas son:

- a) Suelo duro, incluye pavimentos, agua hielo, concreto y otros tipos de superficie que tengan baja porosidad. Mezclas de suelo, como generalmente ocurre en sitios industriales, pueden ser considerados duros. Para suelos duros $G = 0$.

Nota 10 Hay que resaltar que las condiciones de inversión sobre agua no son cubiertas por esta parte de ISO 9613.

- b) Suelo poroso, incluye suelo cubierto por pasto, árboles u otro tipo de vegetación, y todo tipo de suelo adecuado para el crecimiento de vegetación, tal como las tierras de cultivo. Para suelos porosos $G = 1$.
- c) Suelo mixto, si la superficie consiste de suelos duros y porosos, entonces G toma en valor entre 0 y 1, siendo este valor la fracción de la región porosa.

Para calcular la atenuación del suelo para una banda de octava específica, primero se calcula el componente de atenuación A_s para la región fuente especificada por el factor G_s (para esta región), A_r para la región especificada por el factor G_r , y A_m para la región media entre especificada por el factor G_m , usando las expresiones de la tabla 3. (Alternativamente, las funciones a' , b' , c' y d' en la tabla 3 puede ser obtenida directamente desde las curvas de la figura 2). La atenuación total para bandas de octava debe ser obtenida de la ecuación (9):

$$A_{gr} = A_s + A_r + A_m \quad \dots(9)$$

Nota 11 en zonas con edificios, la influencia del suelo en la propagación de sonido puede ser cambiada (ver A3).

Tabla 3 - Expresiones usadas para calcular la contribución de atenuación de suelo A_s , A_r , y A_m en bandas de octava.

Frecuencia central nominal [Hz]	A_s o A_r ¹⁾ dB	A_m dB
63	-1,5	-3q ²⁾
125	-1,5 + G x a'(h)	-3q (1 - G _m)
250	-1,5 + G x b'(h)	
500	-1,5 + G x c'(h)	
1000	-1,5 + G x d(h)	
2000	-1,5 (1 - G)	
4000	-1,5 (1 - G)	
8000	-1,5 (1 - G)	
<p>NOTAS</p> <p>$a'(h) = 1,5 + 3,0 e^{-0,12(h-5)(h-5)} (1 - e^{-dp/50}) + 5,7 e^{-0,09 h h} (1 - e^{-2,8 \times 10^{-6} \times dp \times dp})$</p> <p>$b'(h) = 1,5 + 8,6 e^{-0,09 h h} (1 - e^{-dp/50})$</p> <p>$c'(h) = 1,5 + 14,0 e^{-0,9 h h} (1 - e^{-dp/50})$</p> <p>$d'(h) = 1,5 + 5,0 e^{-0,9 h h} (1 - e^{-dp/50})$</p> <p>1) Para calcular A_s tomamos $G = G_s$ y $h = h_s$. Para calcular A_r tomamos $G = G_r$ y $h = h_r$. Ver 7.3.1 para valores de G para varios superficies de suelo.</p> <p>2) $q = 0$ donde $d_p < 30 (h_s + h_r)$</p> <p>$q = 1 - 30(h_s + h_r)/d_p$ donde $d_p > 30 (h_s + h_r)$</p> <p>donde d_p es la distancia fuente receptor, en metros, proyectado en el plano del suelo.</p>		

7.3.2 Método alternativo de cálculo para niveles de presión sonora ponderado A.

Bajo las siguientes condiciones específicas:

- solo niveles de presión sonora ponderado A en la posición del receptor de interés.
- la propagación de sonido ocurre sobre suelo poroso o suelo mixto que en su mayor parte es poroso. (ver 7.3.1)
- el sonido no es un tono puro.

y para suelos de cualquier forma, la atenuación puede ser calculada por la ecuación (10):

$$A_{gr} = 4,8 - (2h_m / d) [17 + (300/d)] > 0 \text{ dB} \quad \dots(10)$$

donde

h_m es la altura media del camino de propagación sobre el suelo, en metros;

d distancia desde la fuente al receptor, en metros.

La altura media h_m puede ser evaluada por el método mostrado en la figura 3. Los valores negativos para A_{gr} de la ecuación (10) deben ser reemplazados por ceros.

Nota 12 para distancias cortas, la ecuación (10) no predice atenuación y la ecuación (9) puede ser más exacta.

Cuando el efecto del suelo es calculado usando la ecuación (10), la corrección de directividad D en la ecuación (3) debe incluir el término D_0 , en decibeles, para considerar el aparente incremento de atenuación en el nivel de potencia sonora de la fuente debido a reflexiones desde el suelo cercano a la fuente.

$$D_0 = 10 \log \{ 1 + [d_p^2 + (h_s - h_r)^2] / [d_p^2 + (h_s + h_r)^2] \} \text{ dB} \quad \dots(11)$$

donde

h_s altura de la fuente sobre el suelo, en metros;

h_r altura del receptor sobre el suelo, en metros;

d_p distancia fuente - receptor proyectada en el plano del suelo, en metros.

7.4 Apantallamiento (A_{bar})

Un objeto debe ser tomado en cuenta como un obstáculo de apantallamiento (barrera) si cumple con los siguientes requerimientos:

- densidad superficial de al menos 10 Kg/m²,
- el objeto tiene una superficie cerrada sin grandes grietas o huecos

- la dimensión horizontal del objeto normal a la línea fuente - receptor es mayor que la longitud de onda λ en la frecuencia central nominal de cada banda de frecuencia de interés; en otras palabras $l_i + l_r > \lambda$ (ver figura 4).

Cada objeto que cumpla con estos requerimientos debe ser representado por una barrera con bordes verticales. El borde tope de la barrera es una fuerte línea que puede tener pendiente.

Para propósitos de esta parte de ISO 9613, la atenuación por una barrera, A_{bar} , está dada por la pérdida de inserción. La difracción sobre el tope de la barrera y alrededor de los bordes verticales de una barrera pueden ser de importancia. (ver figura 5). Para propagación de sonido downwind, el efecto de la difracción (en decibeles) sobre el tope es calculado por:

$$A_{bar} = D_z - A_{gr} > 0 \quad \dots(12)$$

y para la difracción alrededor de el borde vertical por

$$A_{bar} = D_z > 0$$

donde

D_z atenuación para cada banda de octava (ver ecuación (14));

A_{gr} atenuación del suelo en ausencia de la barrera (es decir con el objeto apantallador removido) (ver 7.3).

Notas

13 cuando A_{bar} definida por la ecuación (12) es sustituida en la ecuación (4) para encontrar la atenuación total A , los dos términos A_{gr} en la ecuación (4) son cancelados. La atenuación de la barrera D_z en la ecuación (12) entonces incluye el efecto del suelo en presencia de la barrera.

14 para distancias mayores y barreras altas, la pérdida por inserción calculada por la ecuación (12) no es suficientemente confirmada por mediciones.

15 en cálculos de pérdida por inserción plantas industriales multifuentes por construcciones altas (más de 10 m. sobre el nivel de suelo), y además para fuentes de ruido elevado dentro de la planta, la ecuación (13) debe ser usada en ambos casos para determinar el long term de nivel de presión sonora promedio (usando la ecuación (6)).

16 para sonido proveniente de una carretera deprimida, esto puede ser atenuación en suma con lo indicado por la ecuación (12) a lo largo de la superficie del suelo fuera de la depresión, debido a esta superficie de suelo.

Para calcular la atenuación de la barrera D_z , se asume que existe solamente un camino significativo de propagación de sonido desde la fuente sonora hasta el receptor. Si esta presunción no es válida, se necesitan cálculos separados para otros caminos de propagación (como se ilustra en la figura 5) y

se asume la contribución a partir de varios caminos a la presión sonora al cuadrado en el receptor.

La atenuación de la barrera D_z , en decibeles, debe ser calculada para este camino por la ecuación (14):

$$D_z = 10 \log [3 + (C_2/\lambda)C_3zK_{met}] \quad \text{dB} \quad \dots(14)$$

donde

C_2 es igual a 20, e incluye el efecto de reflexiones del suelo; si se toman en cuenta casos especial de reflexiones del suelo separadamente por fuentes imagen, $C_2 = 40$;

C_3 es igual a 1 para una difracción simple (ver figura 6);

$$C_3 = [1 + (5\lambda/e^2)] / [(1/3) + (5\lambda/e)^2] \quad \dots(15)$$

para doble difracción (ver ecuación 7);

λ longitud de onda del sonido de la frecuencia central nominal de cada banda de octava, en metros;

z es la diferencia de camino entre el sonido directo y difractado, calculado por la ecuación (16) y (17), en metros.

K_{met} factor de corrección por efectos meteorológicos, dado por la ecuación (18):

e distancia entre los dos bordes de difracción en caso de difracción doble (ver figura 7)

Para una difracción, como se muestra en la figura 6, la diferencia de camino z se debe calcular por medio de la ecuación (16):

$$z = [(d_{ss} + d_{sr})^2 + a^2] - d \quad \dots(16)$$

donde

d_{ss} es la distancia desde la fuente al primer borde de difracción, en metros;

d_{sr} distancia desde el borde de difracción (segundo) al receptor, en metros;

a componente de distancia paralelo al borde de la barrera entre la fuente y el receptor, en metros.

Si la línea de vista entre la fuente S y el receptor R pasa por sobre el tope del borde de la barrera, z da un número negativo.

Para doble difracción, como se muestra en la figura 7, la diferencia de camino z debe ser calculado por:

$$z = [(d_{ss} + d_{sr} + e)^2 + a^2]^{1/2} - d \quad \dots(17)$$

El factor de corrección K_{met} para condiciones meteorológicas en la ecuación (14) debe ser calculado usando la ecuación (18):

para $z > 0$

$$K_{met} = 1 \quad \text{para } z < 0 \quad \dots(18)$$

Para la difracción por los bordes de los obstáculos, se asume el factor $K_{met} = 1$ (ver figura 5).

Notas

17 Para distancias fuente receptor menores que 100 m. el cálculo utilizando la ecuación (14) muestra que K_{met} puede ser asumido como 1, para un precisión de 1 dB.

18 La ecuación (5) proporciona una transición continua desde el caso de difracción simple ($e=0$) donde $C_3 = 1$, esto es para una difracción doble bien separada ($e \gg \lambda$) donde $C_3 = 3$.

19 Una barrera puede ser menos efectiva que la calculada por las ecuaciones (12) y (18) como resultado de reflexiones desde otras superficies acústicamente duras cercanas al camino de la fuente desde la fuente al receptor o por reflexiones múltiples entre y una barrera acústicamente dura y la fuente.

La atenuación por la barrera D_z en cualquier banda, no debe ser tomada como mayor de 20 dB en el caso de una sola difracción (barreras delgadas) y 25 dB en el caso de doble difracción (barreras gruesas).

La atenuación para dos barreras es calculada usando la ecuación (14) para doble difracción, como se indica en la parte baja de la figura 7. La atenuación para más de dos barreras puede ser calculada aproximadamente usando la ecuación (14), eligiendo las dos barreras mas efectivas, despreciando los efectos de las otras.

7.5 Reflexiones

Aquí las reflexiones son consideradas en términos de fuentes imagen. Estas reflexiones provienen de cielos abiertos o superficies más o menos verticales, tales como fachadas de edificios, las cuales pueden incrementar el nivel de presión sonora en el receptor. El efecto de reflexiones desde el suelo no son incluidas porque ellas están en el cálculo de A_{gr} .

Las reflexiones desde un obstáculo deben ser calculadas para todas las bandas de octava para las cuales los siguientes requerimientos se cumplen:

- Una reflexión specular se puede construir, como se muestra en la figura 8;
- La magnitud del coeficiente de reflexión sonora para la superficie de un obstáculo es mayor que 0,2;
- La superficie es mayor

donde

- λ es la longitud de onda (en metros) de la frecuencia central nominal f (en hertz) de la banda de octava;
- $d_{s,o}$ distancia entre la fuente y el punto de reflexión del obstáculo;
- $d_{o,r}$ distancia entre el punto de reflexión en el obstáculo y el receptor;
- β ángulo de incidencia, en radianes (ver figura 8);
- l_{min} dimensión mínima (altura o longitud) de la superficie reflectante (ver figura 8).

Si cualquiera de estas condiciones no se cumple para una banda de octava dada, la reflexión puede ser despreciada.

La fuente real y la fuente imaginaria son tratadas en forma separada. El nivel de potencia sonora de la fuente imagen $L_{w,mi}$ es calculado por:

$$L_{w,mi} = L_w + 10 \log(\rho) \text{ dB} + D_{ir}$$

donde

- ρ coeficiente de reflexión de sonido a un ángulo β en la superficie del obstáculo ($> 0,2$).
- D_{ir} índice de directividad de la fuente en dirección del receptor imagen.

Si no hay datos específicos del coeficiente de reflexión de sonido, el valor debe ser estimado usando la tabla 4.

Para la fuente sonora imagen, los términos de atenuación de la ecuación (4), así como ρD_{ir} en la ecuación (20), serán determinados de acuerdo al camino de propagación del sonido reflejado.

Tabla 4 - Estimación del coeficiente de reflexión sonora r .

Objetos	r
Paredes planas duras.	1
Paredes de edificios con ventanas y pequeños agregados.	0,8
Paredes de industrias con 50% de la superficie de abertura, instalaciones o pipes	0,4
Cilindros con superficies duras (tanques, silos)	$(D \text{ seno } (\Phi / 2))^* / (2d_{sc})$ donde: D es el diámetro del cilindro; d_{sc} es la distancia desde la fuente al centro C del cilindro;

	Φ es el suplemento del ángulo entre las líneas SC y CR.
Instalaciones abiertas (pipes, torres, etc)	0
* Estas expresiones se aplican solamente si la distancia d_{sc} desde la fuente S al cilindro C es mucho mayor que la distancia d_{cr} desde el cilindro al receptor, ver figura 9.	

8 Corrección Meteorológica (C_{met})

Usando la ecuación (3) se obtienen directamente un nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, L_{AT} en el receptor para condiciones meteorológicas las cuales son favorables para la propagación desde la fuente sonora al receptor, como se describe en la cláusula 5. Esta puede ser la condición apropiada para encontrar un límite de ruido comunitario específico, es decir, un límite que raramente sea excedido (ver ISO 1996-3). A menudo sin embargo, se necesita un nivel de presión sonora ponderado A promedio $L_{AT}(LT)$, cuando el intervalo de tiempo T es de varios meses o un año. Tales períodos de tiempo incluyen normalmente una variedad de condiciones meteorológicas, ambas favorables y desfavorables a la propagación. Se puede obtener un valor para $L_{AT}(LT)$ en esta situación a partir del cálculo de $L_{AT}(DW)$ por la ecuación (3), usando la corrección meteorológica C_{met} en la ecuación (6).

Un valor (en decibeles) para C_{met} en la ecuación (6) puede ser calculado usando la ecuación (21) y (22) para cada caso de fuente puntual con una salida que efectivamente constante en el tiempo:

$$C_{met} = 0 \quad \dots(21)$$

$$\text{si } d_p < 10 (h_s + h_r)$$

$$C_{met} = C_0 [1 - 10(h_s - h_r) / d_p] \quad \dots(22)$$

$$\text{si } d_p > 10 (h_s + h_r)$$

donde

- h_s altura de la fuente, en metros;
- h_r altura del receptor, en metros;
- d_p distancia entre la fuente y el receptor proyectado en el plano horizontal del suelo, en metros;
- C_0 factor, en decibeles, que depende de las estadísticas meteorológicas locales para velocidad y dirección del viento, y gradientes de temperatura.

El efecto de las condiciones meteorológicas en la propagación del sonido son pequeñas para distancias cortas d_p , y para distancias más largas y a mayores alturas de fuente y receptor. Las ecuaciones (21) y (22) aproximan estos factores, como se muestra en la figura 10.

9 Precisión y limitaciones del método

La atenuación de la propagación de sonido en exteriores entre una mezcla de fluctuaciones del receptor y de la fuente debido a variaciones en las condiciones meteorológicas a lo largo del camino de propagación. Si nos restringimos a condiciones de propagación downwind moderadas, como se especifica en la cláusula 5, el límite del efecto de las condiciones meteorológicas variables en la atenuación para valores razonables.

Esta es información para apoyar el método de cálculo dado en las cláusulas 4 a la 8 (ver anexo B) para fuentes de ruido de banda ancha. El comportamiento entre los valores medidos y calculados de nivel de presión sonora ponderado A promedio, $L_{AT}(DW)$, respalda la precisión estimada por los cálculos mostrados en la tabla. Estas estimaciones de precisión son restringidas a un rango de condiciones especificadas por la validez de las ecuaciones en las cláusulas 3 a la 8 y son independientes de incertezas en la determinación de potencia sonora.

Nota 24 Las estimaciones de precisión en la tabla 5 son para condiciones downwind promedio sobre situaciones independientes (como se especifica en la cláusula 5). Ellas no deberían necesariamente ser especificadas para agree con la variación en metros hechas en un lugar dado en un día dado. Lo posterior puede ser considerablemente mayor que los valores de la tabla 5.

Los errores estimados en los cálculos del promedio de nivel de presión sonora por bandas de octava, así como el nivel de presión para tonos puros, bajo las mismas condiciones, puede ser a veces mayor que el error estimado dado para niveles de presión sonora ponderado A de fuentes de ruido de banda ancha en la tabla 5.

En la tabla 5 no se estima precisión para esta parte de ISO 9613 para distancias d mayores de 1000m sobre el límite.

Por medio de esta parte de ISO 9613 las condiciones meteorológicas bajo consideraciones son limitadas a solamente dos casos:

- a) condiciones downwind moderadas de propagación, o su equivalente, como se define en la cláusula 5;
- b) una variedad de condiciones meteorológicas as they exist sobre meses o años.

El uso de las ecuaciones (1) a la (5) y (7) a la (20) (y por lo tanto también la tabla 5) está limitada a los casos:

- a) condiciones meteorológicas solamente
- b) es relevante solo el uso de las ecuaciones (6), (21) y (22).

Estos son además un sustancial número de limitaciones (no - meteorológicas) en el uso de ecuaciones individuales. La ecuación (8) es, por ejemplo, limitado a terrenos aproximadamente planos. Estas específicas limitaciones son descritas en el texto que acompaña la ecuación relevante.

Tabla 5 - Precisión estimada para ruidos de banda ancha de $L_{AT}(DW)$ calculado usando las ecuaciones (1) a la (10).

Altura, h*	Distancia, d*	
	0 < d < 100 m.	100 m. < d < 1000 m.
0 < h < 5 m.	3 dB	3 dB
5m < h < 30m.	1 dB	3 dB
* h es la altura media de la fuente y el receptor. d es la distancia entre la fuente y el receptor.		
NOTA: Estas estimaciones han sido hechas a partir de situaciones donde no hay efectos debido a reflexiones o atenuaciones debido al apantallamiento.		