



SECRETARIA DE COMERCIO

Y

FOMENTO INDUSTRIAL

NORMA MEXICANA

NMX-AA-062-1979

**ACUSTICA - DETERMINACION DE LOS NIVELES DE RUIDO
AMBIENTAL**

ACOUSTICS - ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL NOISE LEVELS

DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS

PREFACIO

En la elaboración de esta norma participaron los siguientes organismos:

SUBSECRETARIA DE MEJORAMIENTO DEL AMBIENTE.

Dirección General de Saneamiento Atmosférico.

Programa Nacional de Lucha Contra el Ruido.

Dirección de Fuentes Fijas.

Dirección de Fuentes Móviles.

INDICE

1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

2 REFERENCIAS

3 DEFINICIONES

4 SIMBOLOS

5 FUNDAMENTO

6 INSTRUMENTOS

7 PROCEDIMIENTO

8 METODO DE CALCULO

9 INFORME DE LA PRUEBA

10 APENDICE

11 BIBLIOGRAFIA

12 CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

ACUSTICA - DETERMINACION DE LOS NIVELES DE RUIDO AMBIENTAL

ACOUSTICS - ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL NOISE LEVELS

1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION

En esta Norma se establecen procedimientos de campo para determinar el ruido ambiental producido por contribuciones relativas de diversas fuentes, y las acciones reverberante y amortiguadora de los pavimentos, edificios, vegetación y otros obstáculos en la trayectoria de dispersión sonora.

Sirve para evaluar el ruido, que está presente durante largo tiempo en áreas definidas, bajo condiciones y variabilidad diversa. Permite establecer una correlación entre los efectos de las diversas fuentes contribuyentes y el ambiente en el área de estudio, de tal manera que los valores medidos corroboren los valores predecidos a partir de modelos de simulación.

Los métodos descritos en esta norma deben emplearse sólo en casos en que se requiera realizar trabajos de monitoreo de ruido ambiental en un punto determinado y sólo son indicativos de las fluctuaciones del ruido durante el lapso y en el punto en el que se hicieron las mediciones. Su variabilidad en tiempo y espacio los hacen poco confiables para efectos de planificación. En ningún caso deben usarse para realizar mediciones del ruido producido por fuentes específicas.

2 REFERENCIAS

Esta Norma se complementa con las normas mexicanas en vigor siguientes:

NMX-I-41	“Terminología empleada en Electroacústica”
NMX-C-92	“Terminología de materiales aislantes acústicos”
NMX-AA-40	“Clasificación de ruidos”
NMX-AA-43	“Determinación del nivel sonoro emitido por fuentes fijas”
NMX-AA-59	“Sonómetros de precisión”

3 DEFINICIONES

Centro acústico de subzona: es el lugar físico de igual desviación a todos los puntos equiintensidad sonora.

Determinante de ruido: es la diferencia entre los percentiles 10 y 90, en un muestreo estadístico de ruido.

Índice por ruido de Tránsito: Es un valor estadístico empírico para relacionar el ruido de tránsito con los efectos en la comunidad durante un período de 24 horas y depende del determinante por ruido y del percentil 90.

L.S.I: Lenguaje de proceso Large Scale Integration.

Nivel de contaminación Sonora: Es un nivel equivalente de ruido, que toma en cuenta un coeficiente de confianza, determinado en función de las características de una comunidad.

Nivel día - noche: Es un nivel equivalente de ruido, determinado en un período de 24 horas, sopesándose durante el período comprendido entre las 22 y las 7 horas del día siguiente con un valor de + 10 dB.

Nivel equivalente sopesado: Cuando el nivel equivalente se mide en decibeles "A", se denomina "Nivel equivalente A". Cuando se mide en decibeles "C" se denomina "Nivel equivalente C".

Nivel de Ruido Comunitario: Es un nivel equivalente de ruido determinado en un período de 24 horas, sopesándose durante el período comprendido entre las 19 y las 22 horas con 3 dB y durante el período entre las 22 horas y las 7 horas del día siguiente con + 10 dB.

Ruido Ambiental: Es la perturbación acústica que se presenta en un área determinada, cuyos confinamientos no formen un claustro, producida por un número indeterminado de fuentes, por las contribuciones de las reflexiones de los confinamientos, las de los objetos que se encuentran en el área y las de los efectos microclimáticos relacionados con el fenómeno de la propagación sonora.

Sopesar: Acción de modificar una señal recibida por un sonó metro en cada banda de frecuencias con un cierto valor definido por norma. (NMX-AA-47, NMX-AA-59).

Zona total: Es el área donde se encuentra un nivel de ruido ambiental definido por condiciones de fuente, geográficas y urbanísticas.

Zona unitaria: Es una subzona de la total, representante de los fenómenos ambientales tales como fuentes y condiciones reverberantes y absorbentes, de tal manera que la inclusión de las zonas unitarias identifique a la total.

4 SIMBOLOS

d	=	determinante de ruido
dB(dn)	=	decibel día - noche
IRT	=	índice de ruido por tránsito
k	=	valor de confianza
m	=	cada una de las lecturas en cada punto de medición
N	=	nivel sonoro

N_{cs}	=	nivel de contaminación sonora
N_d	=	nivel equivalente durante el período 0700-2200
N'_d	=	nivel equivalente durante el período 0700-1900
N_{dn}	=	nivel día - noche
N_{eq}	=	nivel equivalente
N_{eqA}	=	nivel equivalente A
N_{eqC}	=	nivel equivalente C
N_i	=	Cada uno de los niveles sonoros leídos en una medición semicontinua
$N_{m\acute{a}x}$	=	nivel máximo leído durante el paso del vehículo
N_n	=	nivel equivalente durante el período 2200-0700
NPA	=	nivel de presión acústica
N_{rc}	=	nivel de ruido comunitario
N_t	=	nivel equivalente durante el período 1900-2200
N_{10}	=	nivel percentil 10
N_{50}	=	nivel percentil 50
N_{90}	=	nivel percentil 90
p	=	presión acústica
p_{ef}	=	presión acústica eficaz
p_o	=	presión acústica de referencia
T	=	período de tiempo en el que se realiza una integración
t	=	variable tiempo
σ	=	desviación estándar
T	=	tiempo que tarda en decaer 10 dB el nivel máximo

SECCION UNO

METODO DE PRUEBA

5 FUNDAMENTO

Dado que el ruido ambiental debe definirse en un área determinada, en relación a las consecuencias que este contaminante produce en los individuos de la comunidad en dicha área, durante un período de tiempo largo, es necesario establecer procedimientos de medición que concuerden con esta relación.

Para poder estimar la variabilidad en cuatro dimensiones de la energía acústica presente en una zona determinada, debe emplearse un procedimiento estadístico con muestras representativas grandes. Este procedimiento es el de integración continua o discreta, cuyo resultado final es el nivel equivalente de ruido. El período de integración debe elegirse entre las siguientes posibilidades:

- a) 24 horas
- b) 7 días
- c) 30 días
- d) n años

Sin embargo, el nivel equivalente por sí solo es insuficiente para indicar la variabilidad estadística, por lo que debe recurrirse además a la obtención de los percentiles N_{10} , N_{50} y N_{90} .

Para obtener la relación de esta medida estadística con sus consecuencias comunitarias, existen dos opciones:

- a) por su efecto en la comunidad
- b) por sus causas en la comunidad

Los métodos que toman en cuenta los efectos comunitarios se basan, en la distribución estadística normal bimodal del ruido ambiental, o bien en el concepto de determinante de ruido (diferencia entre los niveles 10 y 90). Estos métodos se sujetan a una comprobación de tipo empírico, con valores específicos para comunidades determinadas. Estos procedimientos son los siguientes:

- a) Nivel de contaminación sonora (N_{cs})
- b) Índice de ruido por tránsito (IRT)

Los métodos que toman en cuenta las causas del ruido debidas a la actividad comunitaria se basan en que dicha actividad es recurrente en lapsos cíclicos definidos. Suponiendo que algunas actividades requieren niveles de ruido ambiental más bajos para ser realizados (descanso, sueño), se ponderan los niveles equivalentes medidos con determinados valores empíricos. Los procedimientos causales son los siguientes:

- a) Nivel día-noche (N_{dn})
- b) Nivel de ruido comunitario (N_{rc})

6

INSTRUMENTOS

Para medir los niveles equivalentes de ruido en forma continua se puede elegir instrumental entre las siguientes opciones:

- a) equipo básico y equipo periférico
- b) equipo básico y equipo sofisticado
- c) equipo básico, equipo periférico y equipo sofisticado

Para medir los niveles equivalentes de ruido en forma semicontinua se puede elegir instrumental entre las siguientes opciones:

- a) sólo el equipo básico
- b) equipo básico y equipo periférico

6.1 Equipo básico

Sonómetro de precisión que cumple con la norma NMX-AA-059.

6.2 Equipo periférico

El equipo periférico puede ser intermedio o terminal. El equipo intermedio requiere necesariamente de equipo terminal para la evaluación de datos.

6.2.1 Equipo periférico intermedio (registrador magnético). Debe poseer una cabeza de grabación de respuesta lineal $\pm 0.1\%$ para el ámbito de frecuencias de 20 a 20000 Hz. Debe tener un diseño mecánico tal, que permita que la cinta magnetofónica pase frente a la cabeza a una velocidad constante. Esta velocidad debe estar comprendida en el ámbito entre 0.095 y 0.381 m/s. Los circuitos electrónicos de amplificación de la señal deben tener una distorsión armónica inferior a 0.1% dentro del ámbito de frecuencias antes mencionado.

La cinta magnetofónica a emplearse para grabar la señal, debe ser de una calidad tal que no permita un estiramiento al 0.1% a cualquier temperatura de operación y que tenga una relación señal a ruido propio superior a 30 dB.

6.2.2 El equipo periférico terminal (registrador gráfico).

Debe tener circuitos electrónicos de amplificación y atenuación que permitan detectar señales en el ámbito entre 20 y 20000 Hz a respuesta lineal $\pm 0.1\%$. Debe poseer un instrumento de escritura que puede ser una pluma o cono para tinta, o un punzón cuya traza no sea de un diámetro superior a 0.25 mm. Este instrumento de escritura debe estar regulado por potenciómetros logarítmicos y lineales que en un conjunto cubran un ámbito entre 10 y 75 dB y 10 y 110 mV, respectivamente. La velocidad de carrera del instrumento de escritura debe ser controlable a voluntad y estar comprendida en el ámbito entre 8 y 1000 mm/s. El registrador debe poseer un mecanismo que permita depositar el instrumento de registro sobre una tira de papel, con una presión tal que no lo dañe ni lo perfora y se consiga la velocidad especificada y que a voluntad pueda levantarse. La tira de papel debe moverse en una trayectoria perpendicular a la de la carrera del instrumento de escritura, a velocidad constante controlable a voluntad en un ámbito de 0.001 a 100 mm/s. El instrumento debe poder calibrarse para que una señal

fija produzca una marca determinada sobre la tira de papel. En conjunto, el registrador debe dar lecturas con error no mayor de 0.5 dB.

La cinta de papel a emplearse para registrar gráficamente la señal debe ser uniforme y rayada a intervalos regulares, para poder ser calibrada. Puede ser de papel encerado para uso con punzones o de papel común para uso con tinta, pero debe procurarse en este caso que el acabado sea tal que no permita que la cinta se extienda. El ancho de la cinta debe estar comprendido entre 50 y 100 mm.

6.3 Equipo sofisticado

El equipo sofisticado es aquél capaz de procesar y analizar datos y dar como resultado final niveles equivalentes de ruido y niveles percentiles.

Consiste en una computadora analógica de corriente directa para comparación de señales, con un contador unitario y un cronómetro y en un procesador digital capaz de calcular el nivel equivalente y los niveles percentiles 10, 50 y 90.

La computadora analógica debe permitir entrada para una señal de sonómetro, con sensibilidad de 15 a 50 mV/Pa y una entrada directa capaz de captar señales en un ámbito de 20 Hz a 20 kHz y una tensión eléctrica entre 0 y 6.4 V, que sirve para sopesado, integrado o conversión logarítmica de la señal a comparar procedente del sonómetro. Debe poder programarse para elegir intervalos de muestreo de 0.1, 0.2, 0.5, 1, 2 y 10 s y valores del nivel sonoro instantáneo y máximo. Debe tener una memoria capaz de almacenar y retener datos durante el tiempo suficiente para su proceso.

La computadora, además, debe permitir conteo y cronometración externa.

El contador de señales debe cubrir el ámbito de 1000 a 65 000 unidades. El cronómetro debe ser capaz de medir lapsos comprendidos entre 100 s y 180 h.

El procesador digital debe operar para un ámbito dinámico no menor de 50 dB, con un número de 5 ámbitos parciales traslapados. Se sugiere que use un lenguaje de proceso LSI o cualquier otro equivalente.

Debe poseer salidas para interconexión con equipo de grabación o impresores alfanuméricos. Estas salidas deben ser: digitales, de corriente continua y de corriente alterna.

7 PROCEDIMIENTO

7.1 Levantar un croquis de la zona cuyo nivel de ruido ambiental se desea evaluar, donde se muestren las zonas aledañas y los principales accidentes topográficos y urbanísticos; e indicar las razones por las que se limita la zona en la forma anterior.

7.2 Dividir la zona total a medir en tantas zonas unitarias como sea preciso, para representar el fenómeno ambiental por estudiar. Teniendo en cuenta que un punto de medición es el centro acústico de una zona definida por razones geográficas y urbanísticas de acuerdo a un propósito determinado y el radio de influencia que está

limitado por la dispersión acústica y las condiciones meteorológicas. En cada zona unitaria debe elegir un punto que sea un centro acústico.

7.3 Localizar en el croquis mencionado en 7.1 las zonas unitarias con sus centros acústicos, de acuerdo a la elección definida en 7.2.

7.4 Elegir período de integración de medición de acuerdo a lo establecido en 5.

7.5 Dividir el período de integración en lapsos iguales de medición en cada centro acústico de subzona.

7.6 Debe elegirse uno de los siguientes métodos de medición:

- a) medición continua
- b) medición semicontinua

7.7 Colocar el micrófono del equipo de medición en el centro acústico de subzona elegido, a una altura tal que represente el fenómeno a medir teniendo en cuenta que nunca esté a una distancia menor de 1 m del piso (esto quiere decir que, de acuerdo con lo que se va a medir, el micrófono puede colocarse en la calle o en lo alto de un edificio). La membrana del micrófono debe colocarse en un plano tal que transduzca óptimamente la señal recibida y deben emplearse los aditamentos necesarios de dispersión acústica y de protección contra el viento.

7.8 Ajustar el sonómetro de acuerdo a la escala de ponderación "A" o "C", según se elija y el selector de integración "lenta".

7.9 Mediciones continuas

7.9.1 Calibrar todo el equipo antes y después del lapso correspondiente al período de integración en cada punto. Si la señal de calibración final difiere en ± 2 dB de la leída, debe repetirse la medición.

7.9.2 En caso de emplear equipo periférico obtener los registros magnéticos y/o gráfico de todo el período de observación en cada punto. Si se emplea registrador magnético como fase intermedia, comparar los resultados de este registro con los de la tira de papel terminal; si no coinciden en ± 2 dB, debe repetirse la medición.

7.10 Mediciones semicontinuas

7.10.1 Para que una medición semicontinua tenga representatividad y sea comparable a una continua, es necesario que el período de observación sea igual al período de descanso, sin importar la forma en la que éstos se distribuyan.

7.10.2 En caso de que se emplee el equipo básico solamente y dado que un observador no puede realizar observaciones durante lapsos mayores de 5 s, el período de medición en un punto debe ser dividido en lapsos que contengan observaciones y descansos equivalentes. (Por ejemplo en una hora se pueden hacer 360 períodos de 5 s de observación y 3 s de descanso, más un período de 12 min de descanso).

7.10.3 Calibrar el equipo antes y después de cada serie de observaciones.

7.10.4 Proceder según 7.10.2 y 7.10.3, en caso de emplear un registrador magnético en la fase intermedia y un sonómetro en la terminal.

7.10.5 Proceder según 7.9.2 en caso de emplear un registrador gráfico en la fase terminal.

SECCION DOS

EXPRESION DE RESULTADOS

8 METODO DE CALCULO

8.1 Cálculo de nivel equivalente por mediciones continuas.

8.1.1 Calcular el nivel equivalente según la expresión siguiente:

$$N_{eq} = 10 \log \frac{1}{T} \int_0^T 10^{N/10} dt$$

8.1.2 Obtener el tiempo transcurrido en la medición para cada punto (lapso entre las dos señales de calibración).

8.1.3 Obtener el área bajo la curva registrada en la tira continua de papel para cada punto de medición, (las ordenadas deben considerarse a partir del origen).

8.1.4 Determinar el cociente entre los valores obtenidos en 8.1.3 y 8.1.2. Este valor es la media de los niveles medidos y equivale al nivel 50 (N_{50}).

8.1.5 Anotar los valores de los niveles máximo absoluto y mínimo absoluto registrados en cada punto.

8.1.6 A partir del nivel máximo trazar rectas paralelas al eje longitudinal de la tira de papel (eje de los tiempos) en pasos de 2dB y determinar la longitud de los segmentos bajo la curva registrada, que a una escala adoptada corresponde al tiempo durante el que estuvo el nivel mínimo.

8.1.7 Por una interpolación lineal de los dos valores más cercanos a N_{10} resultantes de 8.1.6 obtener el nivel 10 (N_{10}) (nivel que estuvo presente durante más de 10% del lapso total registrado).

8.1.8 Calcular la desviación estándar de la medición en cada punto por la fórmula:

$$\sigma = \frac{N_{10} - N_{50}}{1.2817} \dots\dots\dots(2)$$

8.1.9 En el caso de emplear el equipo sofisticado omitir lo establecido en 8.1.3 a 8.1.8, ya que este instrumento da los valores directamente.

8.2 Cálculo del nivel equivalente por mediciones semicontinuas.

8.2.1 Calcular el nivel equivalente según la expresión siguiente:

$$N_{eq} = 10 \log \frac{1}{m} \sum_m 10^{N/10} \quad \dots\dots\dots (3)$$

8.2.2 Calcular los niveles N_{50} , N_{10} y la desviación estándar de las mediciones realizadas en cada punto, por las fórmulas siguientes:

$$N_{50} = \frac{\sum_m N_i}{m} \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (N_i - N_{50})^2}{m - 1}} \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$N_{10} = N_{50} + 1.2817 \sigma \quad \dots\dots\dots (6)$$

8.2.3 Calcular el promedio aritmético de los niveles N_{50} , N_{10} y de la desviación estándar obtenidos para cada punto.

8.2.4 Deben obtenerse por lo menos 360 lecturas para cada hora de medición, en forma aleatoria (de preferencia con una tabla de números aleatorios), y seguir lo señalado en 8.2.2 y 8.2.3, si las mediciones son hechas en su fase terminal con un registrador gráfico.

8.3 Calcular el nivel de contaminación sonora y por cualquiera de las expresiones siguientes:

$$N_{cs} = N_{eq} + 2.56 \sigma \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$N_{cs} = N_{eq} + d \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$N_{cs} = N_{50} + d + d^2/60 \quad \dots\dots\dots (9)$$

8.3.1 Las fórmulas (7), (8) y (9), no pueden ser empleadas en forma concomitante en una misma zona total, y siempre que se use una de ellas deben indicarse claramente las razones de elección, con fines de correlación.

8.4 Calcular el determinante de ruido por la expresión:

$$d = N_{10} - N_{90} \quad \dots\dots\dots (10)$$

8.5 Calcular el índice de ruido por tránsito por la siguiente expresión:

$$IRT = 4 d + N_{90} - 30 \quad \dots\dots\dots (11)$$

8.6 Calcular el nivel día-noche por la siguiente expresión:

$$N_{dn} = 10 \log \frac{1}{24} \left[15 \cdot 10^{N_d/10} + 9 \cdot 10^{(N_n+10)/10} \right] \dots\dots\dots (12)$$

8.6.1 Debe indicarse si el nivel día-noche es "A" o "C" según se menciona en 3.

8.7 Calcular el nivel de ruido comunitario por la siguiente expresión:

$$N_{rc} = 10 \log \frac{1}{24} \left[12 \cdot 10^{N_d/10} + 3 \cdot 10^{(N_t+3)/10} + 9 \cdot 10^{(N_n+10)/10} \right] \dots\dots\dots (13)$$

8.7.1 Debe indicarse si el nivel de ruido comunitario es "A" o "C" según se menciona en 3.

9 INFORME DE LA PRUEBA

9.1 El informe de la prueba debe contener los siguientes datos:

- a) Propósito de la prueba.
- b) Croquis según lo mencionado en 7.1 y 7.3.
- c) Tipo de medición realizada (continua o semicontinua) indicando en el caso de medición semicontinua los períodos de observación y descanso.
- d) Equipo empleado incluyendo marcas y números de serie.
- e) Nombres completos de las personas que realizaron la medición.
- f) Fechas y lapsos en los que se efectuaron las mediciones.
- g) Otras eventualidades descriptivas (condiciones meteorológicas, obstáculos).
- h) Valor del nivel equivalente, indicando si es "A" o "C".
- i) Valor del determinante de ruido y desviación estándar.
- j) Método de evaluación de ruido ambiental (Nivel de Contaminación Sonora, Índice de Ruido por tránsito, Nivel día - noche, o Nivel de Ruido Comunitario), indicando cuál fue el o los utilizados.
- k) En caso eventual, desviaciones respecto al procedimiento de esta Norma, indicando la justificación teórica y la equivalencia con los valores que hubieran sido obtenidos por medio de esta Norma.

10 APENDICE

JUSTIFICACION DE CONCEPTOS

A1 SOBRE EL NIVEL EQUIVALENTE

La medición de los parámetros de energía acústica, intensidad y frecuencia, es una operación compleja. En el caso de la intensidad, tiene que recurrirse al uso de "presiones acústicas", magnitud física mesurable mediante transductores muy sensibles. Sin embargo, la variabilidad de estas presiones respecto al tiempo, harían imposible su medición si no se efectuaran promediaciones a intervalos regulares. Estos promedios son obtenidos en forma cuadrática, y por lo tanto representan pulsos energéticos a

intervalos regulares. El promedio se obtiene por el principio del teorema del valor medio del cálculo integral y la raíz cuadrada de este promedio se denomina "valor eficaz de la presión acústica".

$$p_{ef} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T p^2 dt} \quad \dots\dots\dots (14)$$

Los valores medidos son, por tanto, valores eficaces que de alguna manera toman en cuenta la energía emitida por las fuentes acústicas.

El nivel de presión acústica está dado por la expresión:

$$NPA = 10 \log \frac{p^2}{p_o^2} \quad \dots\dots\dots (15)$$

donde se toman en cuenta presiones acústicas eficaces.

El efecto que produce la energía acústica en el ser humano está directamente relacionado con la cantidad de energía recibida y acumulada durante un cierto lapso.

Tomando en cuenta esto, fue propuesto el concepto de nivel equivalente de ruido, una cantidad establecida como una sumatoria energética en la forma siguiente:

$$N_{eq} = 10 \log \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p^2(t)}{p_o^2} dt \quad \dots\dots\dots (16)$$

Este valor fue usado tanto en los Estados Unidos de América como en Alemania para evaluar las consecuencias del ruido en las cercanías de los aeropuertos. En Suecia se empleó este concepto para evaluar el ruido producido por el tránsito urbano.

La fórmula (16) puede ser transformada a la ecuación (1) empleando la expresión (15).

Es importante hacer notar que los niveles de presión acústica medidos pueden obtenerse sopesados por la curva "A", con lo cual se toma en cuenta la experiencia en materia de protección auditiva, o bien, si se trata de ruidos impulsivos, tales como explosiones, rupturas de cristales, toques de claxon y ruidos de aeronaves en vuelo que pueden considerarse como ruidos ambientales, una gran cantidad de experimentos ha demostrado que el sopeso por la curva "C", da una mejor indicación en relación a la protección auditiva.

Como un criterio adecuado, el nivel equivalente debe sopesarse por la curva "A" en todos los casos que vaya a emplearse con fines de control de daños a la comunidad, y en caso de sospecharse la presencia de ruidos impulsivos, debe sopesarse, además, por la curva "C".

Como se ha mencionado, el proceso para la obtención del nivel equivalente, es el de una integración en un lapso determinado. Esta integración no indica las posibles fluctuaciones de energía. En general, el proceso de producción sonora, puede

considerarse estocástico y en la mayoría de los casos particulares se distribuye en forma normal.

Así pueden ser determinados unos porcentajes teóricos, de acuerdo a una distribución normal, por medio de su desviación de la media, como un factor de la desviación estándar por medio de las expresiones:

$$N_{10} - N_{50} = 1.2817 \sigma \quad \text{.....(17)}$$

$$N_{50} - N_{90} = 1.2817 \sigma \quad \text{.....(18)}$$

que conducen a la ecuación (2).

A2 SOBRE LA CONSIDERACION DEL EFECTO COMUNITARIO

El nivel equivalente, sopesado o no, toma en consideración el efecto subjetivo individual, ya que los valores obtenidos han sido ponderados sobre el efecto psicofísico de lesión individual. Cuando se desea establecer la relación entre este efecto individual y uno comunitario, hay necesidad de recurrir a otras consideraciones estadísticas,

Suponiendo la existencia de otra distribución normal de niveles considerando el efecto comunitario por energía, puede establecerse un nuevo nivel equivalente, desviado del medio, cuya relación está dada por la siguiente congruencia:

$$k = \frac{N_{eq} - N_{eq}}{\sigma} \quad \text{.....(19)}$$

el valor k así definido se denomina: "Valor de Confianza" y obviamente es nulo cuando los dos niveles coinciden. A medida que hay una mayor desviación entre ambos niveles el coeficiente crece. El valor que tiene k debe ser determinado empíricamente para poblaciones determinadas.

La expresión (19) conduce a la definición de nivel de ruido comunitario dada en (7) con un valor de $k = 2.56$.

Considerando la posible fluctuación importante del nivel de ruido limitado por el intervalo que éste sea el intervalo de confianza, dentro del cual caería la desviación del nivel equivalente. La aseveración puede expresarse en la forma siguiente:

$$N'_{eq} = N_{eq} + d \quad \text{.....(20)}$$

que es la expresión (8) antes obtenida.

De las ecuaciones (17), (18) y (20), se deduce que:

$$k = 2.56 \quad \text{.....(21)}$$

que verifica lo antes expresado.

La expresión (8) debe ser empleada cuando se determinen los percentiles por medición directa y en caso de que sea la determinación sea teórica conduce a la (7).

En el caso de desconocer el nivel equivalente y tener sólo la media aritmética N_{50} , puede emplearse la expresión:

$$N_{eq} - N_{50} = k \cdot \sigma^2 \quad \text{.....(22)}$$

suponiendo $k = 1/9$ y teniendo en cuenta las ecuaciones (17) y (18), se justifica la expresión (9).

Se ha propuesto en los Estados Unidos, como una contraparte de la proposición de Alemania al índice Q número significativo que sirviera para evaluar el efecto del ruido exclusivamente del tránsito y poder compararlo con el Q por tránsito. Este número fue definido, de acuerdo a la expresión (11).

Empleando algunas transformaciones dadas por las ecuaciones (17), (18) y (10) se tiene que:

$$IRT = (N_{50} - 30) + 9 \sigma \quad \text{.....(23)}$$

o sea que el nivel medio se castiga con 30 dB y a eso se le corrige con 9 veces la desviación estándar. En el caso de ruidos más o menos uniformes, si Q alemana.

Sin embargo, un levantamiento de ruido de tránsito demostró que el nivel de contaminación sonora es más adecuado que el índice de ruido por tránsito propuesto. El problema con el ruido de tránsito se agudiza en ciudades donde las entradas y salidas del trabajo causan embotellamientos. Nuevamente el concepto de nivel de contaminación sonora es más adecuado. La relación existente entre energía recibida y número de impulsos que llegan al VIII par craneano en la unidad de tiempo es mejor correlacionada, aunque más estricta, que los valores exposicionales de 3 dB por duplicación de tiempo, en el caso del nivel de contaminación por ruido. El índice de ruido por tránsito, en cambio, da una medida rápida y muy aproximada en ciertos casos.

A3 SOBRE LA CONSIDERACION DE LA ACTIVIDAD DE LA COMUNIDAD EN EL RUIDO URBANO

Los estudios realizados para conocer el efecto del ruido de los aeropuertos en los terrenos vecinos, dieron lugar a observar una íntima correspondencia de los siguientes parámetros:

- a) hora del día
- b) tipo de operación
- c) número de operaciones similares

Lo cual dio lugar a establecer que existen ciertos patrones cíclicos (por la hora del día) y que la contabilidad de operaciones durante los períodos cíclicos determinaba de alguna manera la reacción comunitaria.

Esta reacción en su primera instancia fue dividida en la forma siguiente:

- A) "no hay reacción"
- B) "quejas esporádicas"
- C) "quejas generalizadas"
- D) "amenazas de acción comunitaria"
- E) "acción comunitaria enérgica"

Cuando se aplica este procedimiento psicométrico al análisis de los parámetros anteriores, se pueden observar ciertas relaciones, que dieron lugar a métodos de cálculo y evaluación como el de Relación de Ruido Compuesto (Composite Noise Rating) y el de Predicción de Exposición al Ruido (Noise Exposure Forecast), destinados fundamentalmente a evaluar el ruido de aeronaves.

Estos procedimientos aplicados a ruido comunitario producido, ya no sólo por aeronaves, sino por cualquier tipo de fuentes a partir de eventos simples, dieron lugar a otro método denominado Nivel Equivalente de Ruido Comunitario (Community Noise Equivalent Level).

Suponiendo un simple evento de ruido (paso de una aeronave, de un camión, etc.) se puede escribir la siguiente expresión:

$$N = N_{\text{máx}} + 10 \log \frac{\tau}{2} \quad \dots\dots(24)$$

El valor $\tau/2$, es aproximadamente el equivalente al tiempo que requeriría una fuente de emisión uniforme, de intensidad igual a la máxima del móvil, para producir la misma energía total que la emitida durante el paso.

Suponiendo, ahora que hay n pasos en una hora el nivel obtenido, por hora sería:

$$N_H = N_{\text{máx}} + 10 \log \frac{\tau}{2} \left(\frac{n}{3600} \right) \quad \dots\dots(25)$$

Si durante H horas de actividad es constante, este proceso puede repetirse.

Ahora bien, sabiendo que la actividad normal del ser humano se distribuye en forma más o menos constante durante ciertos períodos cíclicos durante el lapso de 24 h, la expresión (25) puede ser aplicada uniformemente en cada uno de estos períodos.

Sabiendo que el ruido producido durante uno de esos períodos puede ser más molesto que durante otro, si se pondera la energía emitida (un paso durante el día es equivalente a p pasos durante la noche), puede darse un solo valor que estime no sólo la energía emitida y su efecto, sino su molestia.

Las dos proposiciones concretas establecidas, sólo difieren en la forma de dividir el día de 24 h y en la forma de ponderar estos períodos. Ellas son:

Nivel de ruido comunitario:

- i) Se divide el día en tres períodos de las 07:00 a las 19:00, de las 19:00 a las 22:00 y de las 22:00 a las 07:00 h.
- ii) Se pondera el período de 19:00 a 22:00 con un factor de 3.
- iii) Se pondera el período de 22:00 a 07:00 con un factor de 10.

De esta forma se obtiene la expresión (13).

Nivel día - noche:

- i) Se divide el día en dos períodos de las 07:00 a las 22:00 y de las 22:00 a las 07:00 h.
- ii) Se pondera el período de las 22:00 a las 07:00 h, con un factor de 10.

De esta forma se obtiene la expresión (12)

11 BIBLIOGRAFIA

11.1 BENJEGARD, S.C. "Rapport 51/60 Statens Institut for bygnadsforskning - Stockholm, 1969. Bullerdosimeteren.

11.2 BURCK, W., GRUTZMACHER, M., HEISTER, F.J. MUELLER, E.A., MATSCHAT, K. "Fluglärm, Gutachten erstattet im Auftrag Bundesministers für Gesundheitswesen", Göttingen, 1965.

11.3 FREUND, J.E. Mathematical Statistics,

11.4 GRIFFITHS I.D., LANGDON, F.J. "Subjetive Response to Road Traffic Noise" J. Sound Vibration 8

11.5 JONES, H.W., STREDULINSKY, D., VERMEULEN, P.J. "Modeling of Enrironmental Acoustics" Paper PP9 91st, Meeting Acoustics "Soc.Amer.1976.

11.6 LANGDON, F.J., SCHOLLES, W.E. "The Traffic noise index: a Method of controlling noise nuisance "Architects" J. 147

11.7 NORMA ISO 2204-1973 "Guide to the Measurement of Airborne Acoustical Noise And Evaluation of its Effects on man"

11.8 OSTLE, B. Statistics in Research, Iowa St. University Press, 1968.

11.9 RECOMENDACION ISO/1966 "Assesment of Noise with Respect to the Community Response"

11.10 REGLAMENTO PARA LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL ORIGINADA POR LA EMISIÓN DE RUIDOS. México, 1976.

11.11 SCHOMER, P.D. "Evaluation of C-weighted day-night Level for Assessment of impulse noise" J. Acoust Soc. of Amer. 67 pp 396, 399, 1977.

11.12 SKUDRZYK, E. The Foundations of Acoustics. 1974.

11.13 STEVENS, K.N. PIETRASANTA, A.C. et al. "Procedures for Estimating Noise. Exposure and Resulting Community Reactions from Air Base Operations". WADC Technical Note 57-10 Wright-Patterson Air Force Base, OH, 1957.

11.14 U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Information on Levels of Environmental Noise Requisite to Protect Public Health and Welfare With an Adequate Margin of Safety. Document 550/9-74-004, 1974.

12 CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

Esta norma no concuerda con ninguna Norma Internacional por no existir sobre el tema.

México D.F., Noviembre 10, 1978

EL DIRECTOR GENERAL

A handwritten signature in dark ink, consisting of a large, stylized 'S' shape with a horizontal line crossing it near the bottom.

DR. ROMAN SERRA CASTAÑOS

Fecha de Aprobación y Publicación: Agosto 2, 1979