# SEMINARIO TECNICO ADMINISTRATIVO DEL RUIDO CAUSADO POR FUENTES MOVILES (Trafico rodado).

Ponente: Ing. Hans C Rasmussen

**Temática**: Medición de Fuentes Móviles, sus Estrategias, selección de puntos de Monitoreo, manejo y Confiabilidad de la Información.

**Objeto de la Ponencia:** El propósito del tema seleccionado es el de suministrar a los participantes elementos conceptuales que permitan entender la problemática de la contaminación sonora proveniente de las fuentes móviles y como establecer criterios técnicos en su evaluación.

# **Antecedentes Legales**

La Comunidad Colombiana, presenta una acelerada contaminación sonora, proveniente básicamente por el auge comercial y urbanístico, así como la densidad del tráfico vehicular que circula sobre las principales vías que atraviesan las diferentes ciudades en que están asentadas las comunidades. Este fenómeno de contaminación debe impulsar a las entidades encargadas de la gestión ambiental a desarrollar actividades de vigilancia y control, al igual que el diseño de sistemas metódicos que cuantifiquen y determinen el impacto que se está generando hacia la población, con el propósito de establecer las medidas de regulación e intervención requeridas para mitigar y controlar sus efectos sobre la comunidad expuesta.

Uno de los principales inconvenientes en la implementación de actividades de gestión ambiental corresponde a la reglamentación vigente en la actualidad.

# Problemática Legal y Normativa del Control de Ruido.

En Colombia no existe una política de protección acústica actualizada y, consecuentemente, es inexistente una legislación que contemple los problemas ambientales acordes al cambio tecnológico y al crecimiento vertiginoso de nuestras ciudades; este aumento de las actividades se manifiesta en mayores índices de contaminación por ruido, como resultado del incremento en el parque automotor y en el propio desarrollo comercial e industrial sin una debida planificación y control estatal que la regule.

La principal legislación de ruido en el país, está dada por Decretos, Normas y reglamentos sobre la contaminación acústica, pero de una forma parcial, inconexa y a veces descontextualizada. Es necesario que se establezca una política ambiental acústica basada en criterios modernos, tomando como punto de partida la realidad de la contaminación acústica del país, en concordancia con la disponibilidad tecnológica y la protección requerida de la comunidad expuesta.

La planificación de una regulación de contaminación acústica, deberá estar enmarcada en la reglamentación del Ministerio del Medio Ambiente, que sirva de

soporte a otras Normas legales que la adecuen a las características específicas de las ciudades y empresas colombianas. Esta Normativa debe establecer criterios de cualificación y cuantificación para fuentes de ruidos específicos como, fuentes móviles y fijas, aeropuertos, autopistas o vías de alto tránsito vehicular y construcción de obras civiles de gran envergadura.

La problemática ambiental, requiere de una evaluación y control específico, que impulse al sector regulador a establecer una reglamentación dinámica que pueda enfrentar los retos de la contaminación por ruido en la actualidad y en un futuro inmediato.

El Ministerio del Medio Ambiente en el año 1995 trató de resolver este aspecto y expidió el Decreto 948 que reglamenta la protección y control de la calidad del aire; en sus capítulos II y V los cuales contemplan aspectos de la contaminación acústica; en forma general, crean expectativas para nuevas reglamentaciones que fijen o establezcan unos estándares o limites de emisiones de ruido ambiental. Aún no se han reglamentado estos limites o estándares, lo cual obliga a regirse por la Resolución 08321 de agosto 4 de 1983.

La Resolución 08321 fue emitida por el Ministerio de Salud en 1983, contiene aspectos sobre:

Capitulo V, numeral 15.5: Protección y conservación de la audición, por la emisión de ruido en los lugares de trabajo y de contaminación ambiental.

Capitulo II numeral 15.2: Ruido ambiental y sus métodos de medición.

Capitulo III numeral 15.3: Normas generales de emisión de ruido para fuentes emisoras.

Capitulo IV numeral 15.4: Normas especiales de emisión de ruido para algunas fuentes emisoras.

La Resolución 08321/83 establece valores de referencia permisibles, según el uso del suelo, relacionando a cada zona receptora unos valores aceptables en dB(A), en el capitulo II Artículo 17; este artículo señala una división de 4 zonas receptoras (Zona I Residencial, Zona II Comercial, Zona III Industrial y Zona IV de Tranquilidad) y fija 2 horarios: período diurno de 7 AM a 9 PM y período nocturno de 9 PM a 7 AM. (Ver Tabla 1.3).

### Los principales inconvenientes en su manejo son:

Los limites permitidos o estándares no se expresan en lectura equivalente continua, Leq, como el Leq día, corresponde a un intervalo de 14 horas en el horario de 7 AM a 9 PM y el Leq noche, con intervalo de 10 horas en un horario de 9 PM a las 7 AM. Como está la reglamentación se puede pensar en valores de tipo puntual de corta duración.

Sería recomendable establecer la lectura equivalente día/noche (Leg d/n); en algunos

países se recomienda el castigo de 10 dB(A) para el horario nocturno, aunque también se puede analizar sin corrección.

Las clasificaciones de las zonas según su uso son limitadas; no contempla zonas suburbana o rural de tranquilidad y ruido moderado, destinadas a la explotación agropecuaria; sin embargo esta deficiencia es corregida por el Decreto 948 del Ministerio del Medio ambiente en su capitulo II, Artículo 15 (clasificación de sectores de restricción de ruido ambiental).

La Resolución 08321 no establece una base metodológica, ni aspectos técnicos claros en la medición de ruido para cada fuente en particular (fijas, o móviles); no menciona tipos de equipos a utilizar en los monitoreos (clases I o II), ni establece una tasa de intercambio clara. Tampoco hace mención en el manejo estadístico, ni contempla el uso de los percentiles, y de los límites de confianza de los registros, etc.

Otros aspectos importantes son: los tiempos de monitoreo establecidos, son de corta duración y no dan representatividad para caracterizar situaciones de contaminación (el Artículo 18 establece tiempos de monitoreo, en forma continua de 15 minutos, sin importar el período de análisis); los valores estándares establecidos no indican en forma clara el lugar de la medición, si es en el lindero exterior o si es interior al uso de la zona, por lo cual es ambigua su interpretación.

Como se puede observa con estas falencias legales no es factible establecer parámetros de vigilancia y control adecuados para prevenir los efectos adversos sobre la población Colombiana, razón que justifica el esfuerzo del Ministerio del Medio Ambiente y Demás Instituciones Gubernamentales (Dama) , para el diseño de una Norma que corrija estas dificultades y que pueda ser flexible y versátil en su contexto a corto y largo plazo, ajustándose a los cambios tecnológicos que se den en el futuro.

# MARCO CONCEPTUAL DE RUIDO

# Contaminación acústica

El ruido es el contaminante más común, y puede definirse como cualquier sonido que sea calificado por quien lo recibe como algo molesto, indeseado, inoportuno, perturbador o desagradable. Así, lo que es música para una

persona, puede ser calificado como ruido por otra. Si bien la contaminación acústica en las comunidades es causada por el ruido procedente de diferentes fuentes, no ocasiona directamente enfermedades graves que se noten de inmediato, salvo en casos extremos como explosiones o ruidos de gran potencia. La contaminación acústica va causando poco a poco lesiones a la capacidad auditiva y daños a la salud mental de las personas expuestas.

Los principales efectos del ruido se han considerado como auditivos y extraauditivos; los efectos auditivos están en correlación a la perdida de la capacidad auditiva de las personas expuestas (el daño auditivo no sólo depende de su nivel, sino de su duración, se acepta que un medio ambiente sonoro por debajo de 75 dB no es dañino para la salud auditiva) y los no auditivos son los que pueden generar estrés por perturbar el sueño, por ser trastornadores de las actividades humanas cotidianas o por efectos en el comportamiento humano.

El aumento de enfermedades de tipo nervioso convierte al ruido en uno de los principales responsables de la contaminación ambiental. Este es un agente contaminante mas que deteriora el medio ambiente y la calidad de vida, y como tal, ha de considerarse en las diferentes circunstancias que afectan al ser humano.

En general, el término de ruido comunitario, o ruido de la comunidad hace referencia al ruido exterior en la vecindad de las áreas habitadas. El ruido ambiental es el ruido envolvente asociado con una ubicación determinada de una comunidad, habitualmente compuesto por sonidos de muchas fuentes, próximas y lejanas sin un sonido dominante particular.

Uno de los principales orígenes del ruido, es que procede de muchas y variadas fuentes: La mayoría del ruido suele proceder a fuentes Móviles de los sistemas de transporte (como Motos, trenes, aviones, vehículos y automóviles), Fuentes fijas tales como son industrias (Empresas, talleres, fabricas, etc.) y comercio (Centros Comerciales, discotecas, restaurantes, etc.) y a los propios de cada localidad o naturales de cada zona.

El ruido en las comunidades expuestas se ha considerado como una molestia que se describe a menudo como una actitud generalizada que implica un efecto adverso sobre los seres humanos y su medio ambiente, que perturba la fauna y los sistemas ecológicos.

Para poder comprender las consecuencias adversas del ruido en la comunidad y su compleja aplicación, es necesario un análisis mas detallado que nos ilustre sobre sus efectos.

Efectos de la contaminación acústica

Los principales efectos del ruido los podemos clasificar como Auditivos (Trauma Acústico, hipoacusia y perdida gradual de la audición) y Extra auditivos o no auditivos (efectos fisiológicos, de interferencia en la comunicación o Enmascaramiento, efectos del Comportamiento, Molestias, fatiga, efectos sobre la salud Mental, etc.).

### **Efectos auditivos**

Las principales consecuencias de la exposición al ruido son: Lesión del órgano de la audición y dificultad de la comprensión del lenguaje.

# Lesiones del órgano de la audición

Consecuencia clara de una excesiva exposición al ruido, es la lesión del oído interno, y derivado de ello la pérdida de la audición. Existen innumerables estudios que evidencian esta relación de causalidad, siendo interesante al respecto el trabajo de recopilación efectuada por la AIHA (American Industrial Hygiene Association); la Norma ISO 1999, está basada en el estudio colectivo de 6835 personas. Establece la relación entre el nivel de presión Sonora, tiempo de exposición, y el porcentaje esperado de personas que sufrirán disminución de su capacidad auditiva. (Se recomienda consultar la Norma ISO 1999).

### Efectos no auditivos

### Dificultad de la comprensión del lenguaje

Unos de los principales efectos no auditivos es la dificultad de la comprensión de la palabra; En general, los ruidos peligrosos para el oído también obstaculizan la comunicación hablada, es muy probable que existan dificultades que se traducirán en malestar para el receptor y el deterioro del trabajo o actividades que se estén desarrollando.

La palabra hablada es un elemento sónico con alto contenido informativo, por lo que el proceso de percepción vendrá determinado por fenómenos tales como son: El fenómeno acústico (el oído interno actúa de transductor, transformando la señal física o mecánica en nerviosa), El fenómeno fisiológico (parte de la energía nerviosa, la cual se transmite por medio del nervio auditivo), el fenómeno Psicológico (parte del cortex auditivo, donde se produce la integración e interpretación de dichas señales) y por la especial interpretación del mensaje transmitido mediante la palabra.

### En todo ello influirá

La estructura de la palabra desde el punto de vista acústico. El ruido de fondo. El conocimiento generalizado de los vocablos empleados. La forma de construir las frases.

Como vemos que existen aspectos puramente acústicos, pero también aspectos culturales. No basta con percibir los tonos puros de la palabra, es necesario comprender el mensaje ello exige por parte del oído una capacidad de discriminación muy particular, en la que la inteligencia individual y la familiaridad con la lengua oída tendrá un papel decisivo.

No obstante, existen métodos de evaluación de la inteligibilidad de la palabra, basados en estudios de Kryter (Methods for the calculation and use of the articulation index report ISO 3352 de 1974).

Un concepto muy sencillo para evaluar el ruido en un ambiente con respecto a su efecto en la inteligibilidad verbal, es el nivel de interferencia verbal que se define como la media aritmética del nivel del de presión sonora de las bandas, medias en octava, cuyo centro de frecuencias son 500, 1K, 2K, 4 K HZ. La práctica corriente, considera sólo las bandas de octava de 500, 1K y 2K HZ, por lo que es importante, al manejar estos datos, conocer con qué criterio han sido tomados puesto que la diferencia supone aproximadamente 5 dB. Una conversación puede considerarse satisfactoriamente inteligible, cuando al menos se entienden el 95 % de las frases expresadas. (Tehnical Report 3352/1974 ISO).

# Efectos fisiológicos

### Interferencia en el sueño y estrés

Los efectos fisiológicos, no auditivos, más sobresalientes del ruido son los relativos al sueño y al estrés. estudios llevados a cabo mediante los análisis de las respuestas monitorizadas electroencefalográficas y las alteraciones neurovegetativas durante el sueño han demostrado que el ruido es un factor causal de dificultades para conciliar el sueño y que puede despertar a la gente que está dormida, partiendo de niveles de ruido ambiental tan bajos como 35 dB(A), con diferencias de la sensibilidad relacionadas con la edad y con el sexo. Aproximadamente un 30% de las personas se despiertan con un pico sonoro de 70 dB(A) y un 50% tienen alteraciones del sueño a 50 dB(A). El grupo de trabajo para los criterios de salud ambiental para el ruido, de OMS (Organización Mundial de la Salud), ha recomendado un nivel inferior a 35 dB(A) leq, en orden a preservar el proceso restaurador del sueño.

Las respuestas neurovegetativas al ruido se traducen en una reacción de estrés. Los centros de los arcos reflejos son las áreas reticular e hipotalámica del cerebro, donde las ramas aferentes son las vías acústicas y los objetivos son los órganos inervados por el sistema autónomo y los centros hipotálamodiencefálicos que regulan las funciones endocrinas y los biorritmos. Como ha podido comprobarse a través de múltiples experimentos, los ruidos que superan un determinado nivel pueden provocar liberación de ACTH y aumentar el nivel de corticosteroides, con los consiguientes efectos sistemáticos. La activación resultante se refleja en la

excreción de catecolaminas en forma libre en la orina y que pueden producir variaciones en la frecuencia cardíaca, en la presión arterial, en la respiración, dilatación de pupilas, y modificaciones en los niveles de lípidos, glúcidos y ácido úricos en sangre. Se han comprobado incrementos significativos de la presión sanguínea en la población expuesta durante mucho tiempo, a niveles elevados de ruido y, sobre todo, a la acción combinadas de ruidos y vibraciones o de ruido y sustancias tóxicas tales como CO. El aumento de la motilidad intestinal producido por ruidos intensos podría explicar la elevada prevalencia de úlcera péptica que se ha podido observar en grupos de individuos expuestos al ruido.

Los niveles altos pueden estimular los receptores vestibulares situados en el oído interno, provocando vértigos y nistagmus vestibular, tal como se ha podido comprobar entre personal de aviación expuestos a niveles sonoros superiores a 120 dB(A).

# Efectos extraauditivos más importantes

Modificaciones del sistema cardio-vascular (Tensión y frecuencias cardíacas).

Influencia sobre tonicidad muscular.

Alteraciones del aparato digestivo.

Alteraciones de la función visual.

Alteraciones del sistemas vestibular (sistema del equilibrio).

Efectos sobre el metabolismo.

### Efectos sobre el comportamiento

A menudo se afirma que el ruido reduce el rendimiento y la eficiencia y afecta la moral. Dado que algunos de estos factores son intangibles y dada también la adaptabilidad humana, es difícil evaluarlos cuantitativamente. Las principales manifestaciones se pueden reportar como molestias, fatiga y efectos sobre la eficiencia.

### Molestia

El grado de molestia provocado por el ruido no está necesariamente en relación directa con la intensidad del sonido; puede resultar influido por factores subjetivos tales como familiaridad y actitudes personales y por factores como el microclima. La molestia es en parte una respuesta individual y varía según las personas y las situaciones; no obstante, hay ciertas características de ruido, tales como el carácter tonal y la periodicidad, que no gustan a la mayoría de las personas. La valoración del grado de incomodidad respecto de predicción la OMS recomienda valores no

superiores a 55 dB(A). La molestia que se manifiesta mas a menudo en la comunidad son las interferencias con el sueño.

#### Efectos sobre la eficiencia

De acuerdo con la OMS, el ruido puede actuar como estimulo de distracción, dependiendo de cómo sea la característica del estimulo, y también puede afectar al estado psicofisiológico del individuo. Es difícil comprobar ningún efecto prolongado en el rendimiento o la eficiencia de trabajo, más, puesto que el sonido puede causar molestia, accidentes o dificultad de comunicación y puede ser un factor de ausentismo, no obstante un efecto inicial adverso, la adaptabilidad humana anula todo efecto permanente en la producción y el rendimiento.

### **Fatiga**

No es fácil probar esta fatiga en un ambiente ruidoso que en uno tranquilo, pero esta puede estar ocasionada por tener que hablar en voz alta o por el esfuerzo extra causado por malentendidos; en general, la moral está más relacionada con el grado de integración del ego en el propio trabajo que con los niveles de ruido u otras condiciones molestas.

### Efectos sobre la salud mental

La asociación entre la exposición a niveles elevados de ruido y las alteraciones de salud mental aún está en investigación y es muy controvertida. Se ha pensado que el ruido no sería directamente la causa de enfermedades mentales, pero que podría acelerar el desarrollo de neurosis en estados de latencia. Recientes estudios han demostrado que no existe relación entre la exposición al ruido y la morbilidad mental, a pesar de que entre las personas que se quejan de incomodidad .a causa del ruido la prevalencia de este tipo de procesos es mayor. Sea así o no, lo que es incuestionable es que las poblaciones expuestas al ruido de los aeroplanos hacen un consumo más importante de tranquilizantes.

#### Antecedentes

La Ciudad de Santa Fe de Bogotá, presenta una acelerada contaminación sonora, proveniente básicamente por el auge comercial y urbanístico, así como la densidad del tráfico vehicular que circula sobre las principales vías que atraviesan las diferentes localidades en que están asentadas las comunidades. Este fenómeno de contaminación ha hecho que las entidades encargadas de la gestión ambiental empiecen a desarrollar actividades de vigilancia y control, al igual que el diseño de sistemas metódicos que cuantifiquen y determinen el impacto que se está generando hacia la población, con el propósito de establecer las medidas de intervención requeridas para mitigar y controlar sus efectos.

Razón para que en cada proyecto constructivo tanto de vías como en actividades urbanísticas se exija por parte de las entidades de vigilancia y control estudios de manejo ambiental donde se analice la calidad de aire y en especial lo referente a

contaminación acústica.

### **TERMINOLOGIA**

La terminología tiene como propósito suministrar algunos conceptos básicos utilizados en la descripción de la contaminación Sonora.

#### Acústica

Es la ciencia que estudia el sonido incluye su generación, transmisión, recepción y sus efectos.

# Amplitud de onda

Es el desplazamiento máximo, mas allá de la posición normal o de reposo, de las moléculas, átomos o partículas del medio de transmisor de las vibraciones. Constituye la cantidad de presión del sonido ó intensidad del sonido, que se mide en pascales, Newtons por m² (N/m²) ó en decibeles (dB)

### **Absorción**

Al entrar las ondas en materiales porosos, estas ondas rebotan en miles de bolsas de aire hasta que pierden parte de su energía, la cual se ha convertido en calor.

### Banda critica

Son las frecuencias características de banda del sonido con análisis espectral que cubre una banda ancha, que contiene una potencia sonora igual a la del tono puro centrado en la banda crítica y mínimamente audible en presencia del ruido de banda ancha.

### Campo libre

Es un campo en que los efectos de los límites son insignificantes para el rango de frecuencia de interés.

# Contaminación por ruido

Es cualquier emisión de un sonido que pueda afectar adversamente la salud o bienestar de las personas, la propiedad o el disfrute de las mismas.

### Decibel (dB)

Es la unidad del nivel de presión de sonido que expresa la relación entre la presión de un sonido cualquiera y un sonido de referencia en escala logarítmica.

Es la unidad de medida empleada en acústica, desarrollada por los laboratorios Bell systems, y que se caracteriza por el empleo de una escala logarítmica.

dB(A)

Para efectos del presente estudio dB(A), representa el nivel de presión sonora del ruido registrado con un sonómetro, en integración y con filtro de ponderación A.

### Difracción

Es un fenómeno acústico donde las ondas sonoras que viajan en una sola dirección pero, al chocar con un objeto, la difracción puede hacer que se rodee este obstáculo al crear una serie de ondas secundarias. Estas ondas secundarias se propagan desde el obstáculo, como si fuera la fuente generadora del sonido.

# Divergencia

Consiste en la propagación de las ondas sonoras desde una fuente en campo libre, dando como resultado una disminución en el nivel de presión sonora al aumentar la distancia desde la fuente.

#### Enmascaramiento

Es el proceso mediante el cual se eleva el umbral de audición para un sonido mediante la presencia de otro sonido.

# **Espectro**

Consiste en la descripción de una cantidad en función de la frecuencia, el termino puede utilizarse para significar un rango continuo de componentes, habitualmente amplio en extensión, que posee algunas características comunes, como el espectro de frecuencias auditivas.

### Espectro en bandas de octava

Un espectro que tiene una octava de anchura, que determina en que parte de la frecuencia se encuentra la energía de ruido de cada fuente en particular.

# Estándares del ruido

Estos son valores especificados en las normas colombianas, como valores límites permitidos y están relacionados por usos de suelo en la resolución 8321 de agosto de 1983 del Ministerio de Salud y Seguridad Social. También se encuentran algunas guías en el decreto ley 948 del Ministerio del Medio Ambiente.

#### Frecuencia

Define una función periódica en el tiempo, es el número de veces que la cantidad se repite a sí misma en un segundo. El recíproco del período es el herzio (HZ) o ciclos por segundo. Es el número de ciclos por unidad de tiempo que da de un lado a otro el objeto que perturba las moléculas.

# Fuente generadora

Es cualquier sitio, lugar, artefacto, objeto, dispositivo o elemento que origine ruido, ya sea de carácter móvil o estacionario.

#### Infrasónido

Son las ondas sonoras con una frecuencia inferior a la que produce la sensación auditiva habitual en los seres humanos, generalmente por debajo de 16 Hz.

# Indice de ruido por tráfico (TNI)

El índice de ruido del tráfico se utiliza a veces para describir el ruido en la comunidad. Tiene en cuenta la variación de los niveles sonoros observados, en un intento para mejorar la correlación entre las medidas del ruido del tráfico y la respuesta subjetiva frente al ruido.

### Longitud de onda

Describe las características en el espacio de una onda; es la distancia entre dos puntos análogos de una onda. Se simboliza por " $\lambda$ " que es igual  $\lambda = c/f$  (c es la velocidad del sonido y f es la frecuencia).

### Nivel

Es el logaritmo de la relación entre la cantidad determinada y una cantidad de referencia del mismo tipo.

# Nivel sonoro continuo equivalente (Leq)

Es el nivel sonoro promedio en el tiempo establecido y en una localización determinada, tiene la misma energía sonora con ponderación A que el sonido que varía con el tiempo.

#### Nivel de criterio

El nivel sonoro de criterio es la medida normalizada o estandarizada. Esta medida debe ser dada en lectura equivalente o Leg.

# Nivel de contaminación del ruido (NPL)

Es una medida utilizada en ruido para describir el ruido de la contaminación comunitaria, emplea el nivel sonoro equivalente Leq<sub>A</sub> y la magnitud de la fluctuaciones del tiempo en los niveles.

### Nivel de presión de ruido

Es aquel que es medido en decibeles con un sonómetro, que satisface los requerimientos señalados en la normativa existente.

### Nivel de presión sonora vespertino

El nivel sonoro vespertino, es el nivel sonoro continuo equivalente medido para 3 horas comprendidas, entre las 19:00 y las 22:00 horas

# Nivel de presión sonora diurno

El nivel sonoro diurno, es el nivel sonoro continuo equivalente medido para 15 horas diurnas, entre las 7:00 y las 22:00 horas

# Nivel de presión sonora nocturno

El nivel sonoro nocturno, es el nivel sonoro continuo equivalente medido para 9 horas nocturnas, entre las 22:00 horas y las 7 AM.

# Nivel de presión sonora continuo equivalente (leq 24)

Es el nivel de presión sonora continuo que tendría la misma energía sonora total que el ruido fluctuante, evaluado en un periodo de 24 horas. Se utilizará para evaluar riesgo de pérdida auditiva.

Nivel de ruido promedio día noche (Ldn)

Es el nivel de presión sonora continuo equivalente continuo (Leq 24) al que se le agrega a 10 dB a todos los niveles, que son medidos entre las 9:01 PM y las 7:00 AM. Este incremento se hace para compensar la mayor sensibilidad al ruido en la noche.

Nivel de presión sonora continuo equivalente en el día (Leq-día)

Es el nivel de presión sonora continuo equivalente medido en el periodo diurno (7:01 AM - 9:00 PM). se emplea para evaluar sitios sensibles: Hospitales, escuelas, bibliotecas, sanatorios, guarderías, áreas residenciales y otros lugares de trabajo o de permanencia diurna.

Nivel de presión sonora continuo equivalente en la noche (Leq-noche)

Es el nivel de presión sonora continuo equivalente medido en el periodo nocturno (9:01 PM -6:00 AM). Se utiliza para evaluar interferencia con el sueño.

# Nivel de polución de ruido

Este nivel representa la molestia producida por un nivel de ruido promedio, relacionado con las variaciones del nivel de sonido.

### Norma de ruido ambiental

Es el valor que se establece para mantener un nivel de presión de ruido en zonas habitadas bajo distintas condiciones, tal que permita la salud y el bienestar de la población expuesta dentro de una margen de seguridad.

### Norma de emisión de ruido

Es el valor máximo permisible de presión sonora que permite cumplir con la norma de ruido ambiental, definida por la autoridad ambiental competente.

### Ponderación A

Es la característica del ajuste dado a un sonómetro que permite simular la repuesta en bandas de frecuencia similares al oído humano.

### **Percentiles**

Este parámetro es una medida estadística que indica con qué frecuencia se sobrepasa un nivel concreto de sonido. El ruido variable en el tiempo se puede también cuantificar en términos de los niveles excedidos durante los diferentes porcentajes de la duración de la medición. Los niveles percentiles generalmente usados incluyen  $L_{\scriptscriptstyle A10}$ ,  $L_{\scriptscriptstyle A50}$  y  $L_{\scriptscriptstyle A90}$ .

### Periodo diurno

Es el comprendido entre 7:01 A M - 9:00 PM.

### Periodo nocturno

Es el comprendido entre las 9:00 PM. y las 7:01 AM.

### Presión sonora

Es la característica que permite oír un sonido a cualquier distancia, molesta o indeseable.

## Reflexión

Es un fenómeno acústico que consiste en la alteración de una onda que avanza en forma frontal a través del aire, debido a la presencia de una barrera o superficie que se interpone en su camino.

### Refracción

Es un fenómeno acústico donde el sonido realiza un cambio de dirección en su onda sonora al pasar de un medio de propagación a otro, con diferente densidad. Tanto el ángulo de incidencia de las ondas como la diferencia de la densidad en los medios, determinan el grado de refracción.

### Reverberación

Consiste en la persistencia del sonido en un espacio total o parcialmente cerrado, después de que la fuente de sonido ha cesado

### Ruido

Es una combinación desordenada de sonidos que produce una sensación desagradable, molesta e indeseable para las personas que lo escuchan.

#### Ruido continuo

Es aquel cuyo nivel de presión sonora permanece más o menos constante, con fluctuaciones hasta de un segundo, que no presenta cambios repentinos durante su emisión.

### Ruido exterior

Es aquel nivel de presión sonora evaluado en las afueras de las edificaciones o zonas cerradas.

#### Ruido estable

Es el ruido cuyo nivel de presión acústica permanece esencialmente constante en el tiempo o en el período de observación.

# Ruido inestable

Es el ruido cuyo nivel de presión acústica varia significativamente durante el período de observación.

### Ruido intermitente

Es el ruido cuyo nivel de presión acústica iguala el nivel ambiental dos o más veces durante el período de observación.

### Ruido interior

Es aquel nivel de presión sonora que se evalúa dentro de una habitación, oficina o salón de las zonas cerradas.

# Ruido de impacto

Es aquel cuyos niveles de presión sonora involucran valores máximos a intervalos mayores de uno por segundo. Cuando los intervalos son menores de un segundo, podrá considerarse el ruido como continúo.

### Tasa de intercambio

Una tasa de intercambio expresa cuánto tendría que aumentar o descender el nivel sonoro para mantener una medida seleccionada de riesgo de pérdida de audición, cuando se duplica la duración de la exposición o se reduce a la mitad. Normalmente se utilizan tasas de intercambio de 3, 4 y 5 dB

Sonido El sonido es la sensación auditiva producida por un movimiento de partículas en un medio elástico (gaseoso, liquido o sólido) a partir de una posición de equilibrio. Este nivel de presión en: el aire, agua o cualquier medio, a causa de un movimiento vibratorio, que puede ser detectada por el oído humano.

### Sonómetro

Es el instrumento básico para medición acústica del nivel de presión sonora en Decibeles, sin tener en cuenta las frecuencias. Este equipo se encuentra constituido internamente por: micrófono, amplificador de señal, filtros o escalas de ponderación, rectificador de la media cuadrática y selector de velocidades de respuesta.

# FÓRMULAS MATEMÁTICAS UTILIZADAS PARA CÁLCULOS DE RUIDO

**NIVEL PROMEDIO SONORO**: Para el calculo del promedio de ruidos en cada zona.

$$NPS = 20 (LOG \sum 10^{NPO/20})$$

NPS = Nivel Promedio Sonoro Calculado.

NPO = Nivel Promedio Observado.

N = Número de registros Observados.

Nivel Sonoro Continuo Equivalente de 1 hora (L<sub>1h</sub> o L<sub>Aeq. 1h</sub>).

$$L_{1h} = 10 \log_{10} \{ [(1/3600) \int_{0}^{2} P^{3600} A^{(t) dt}] / P^{2}_{o} \}$$

# Nivel Sonoro Continuo Equivalente de 8 Horas (8 HL)

$$L_{8h} = 10 \log_{10} \{ [(1/28.800)] P_0^{28.800}] / P_0^2 \}$$

# **Nivel Sonoro Diurno (DL)**

$$L_d = 10 \log_{10} [1/15 \int_{800}^{2200} 10^{0.1 \text{ Lh(i)}}]$$

# **Nivel Sonoro Nocturno (NL)**

Ln = 10 log<sub>10</sub> {(1/9) [ 
$$\int_{100}^{700} \frac{700}{100,1 L1h(i)} + \int_{2300}^{2400} \frac{100}{100} \frac{1}{100}$$

# Nivel Sonoro 24 horas (24 HL)

$$L_{24h} = 10 \log_{10} \{1/24 \int_{100}^{2400} {}_{0.1 L1h(i)}^{0.1} ]$$

# Nivel Equivalente de Ruido Comunitario (CNEL/L den)

$$L_{deny} = 10 \text{ Log}_{10} [(1/365) \int_{i}^{365} 10^{0.1 (L \text{ den } (i))}]$$

# Nivel Sonoro Corregido día Noche (DNL)

$$L_{dny} = 10 \log_{10} [(1/365 \int_{i=1}^{365} 10^{0.1 Ldn(i)}]$$

# Correcciones por Ruido de fondo:

Se utilizaron adicionalmente algunas expresiones matemáticas para la correcciones del ruido de fondo tales como:

$$L= 10 \text{ Log } (10^{0.1 \text{Lc}} - 10^{0.1 \text{ Lb}})$$

Lc = Es el nivel combinado de presión sonora de la fuente y del ruido de fondo

Lb = Es el nivel de presión sonora del ruido de fondo sin interferencias

Esta ecuación se mantiene cuando (Lc -Lb) > 3 dB. Una diferencia de menos de 3 dB, indica que el nivel de la fuente es menor que el ruido de fondo. En este caso la corrección es demasiado alta como para establecer claramente cuál es la contribución exacta de la fuente.

# Manejo de la información e indicadores

# Manejo estadístico y limites de confianza de los registros

Para una mejor compresión de la información recolectada, es necesario mencionar las estrategias en el tratamiento estadístico de los resultados obtenidos del monitoreo.

Los principales datos obtenidos en las mediciones son:

- Valores promedios: Lecturas equivalentes continuas, Leq día, Leq nocturno, Leq Día/ Noche.
- Desviación típica (σ): Estimación de la dispersión de los valores medios en torno al valor medio de las lecturas equivalentes continuas.
- Coeficiente de variabilidad (CV): Determina el porcentaje de la variación de los resultados con respecto a valores promedios de las lecturas equivalentes continuas.
- Intervalos de confianza: Estos valores permiten establecer el rango en que se encuentran el 95% de los datos del monitoreo de cada punto en su respectivo periodo y día (LCS= limite de confianza superior y LCI= limite de confianza inferior), para un nivel de confianza del 95%.
- Error de la muestra: El error muestreal cometido en función del número de registros y en la duración o intensidad de los muestreos. Para este aspecto es importante mencionar los errores de estimación en la medición, esta dividido en dos aspectos el primero hace referencia al aparato o equipo de medición (para equipos tipo 1 el error es despreciable, para tipo 2, se estima el error en 1 dB(A)); el segundo aspecto en función a las clases de medición y a su precisión (ver clasificación de medidas).
- Las mediciones se clasifican en tres clases: clase 1 medición de referencia con un error máximo aceptado de 1.5 dB(A), clase 2 o pericial con un error aceptado de 1.5 dB(A) a 3 dB(A), clase 3 medición de control con un error aceptado de 3 a 6 dB(A), para estudios de referencia deben utilizarse tipo 1 que admite en el monitoreo un error muestreal de 1.5 dB(A)

### Percentiles e indicadores de contaminación

Estos descriptores del ruido en términos del porcentaje de monitoreo, se utilizaron para eliminar los detalles temporales del monitoreo; ya que es necesario reducirlos.

**Ln** <sub>10</sub>: Este descriptor muestra o determina los acontecimientos discretos ruidosos que se pueden producir durante el tiempo de monitoreo. En ocasiones se emplea para representar los niveles máximos de ruido.

Ln  $_{90}$ : Este descriptor es tomado como medida residual de ruido, poco influenciado por los sucesos discretos próximos. En ocasiones se usa para representar el ruido de fondo.

### Uso de los indicadores

Indice de contaminación por tráfico o TNI (Traffic Noise Index).

Este índice de ruido del tráfico se utiliza para describir el ruido producido por el tráfico automotor hacia la comunidad y se define como la variabilidad de los niveles observados en función de los descriptores temporales.

$$TNI = 4 (L_{10} - L_{90}) + (L_{90} - 30)$$
 dB

El primer término ( $L_{10}$ -  $L_{90}$ ) representa la diferencia entre los niveles sonoros del percentil 10 y el percentil 90 y el segundo representa el nivel de ruido ambiental.

### Nivel de contaminación del ruido (NPL)

Este nivel de contaminación es utilizado para describir el ruido comunitario. Se basa en la lectura equivalente continua y la variabilidad de los niveles observados en función de la desviación típica y los coeficientes de variabilidad de los registros del monitoreo ambiental.

$$L_{NP} = L_{eq} + 2,56 \sigma$$

El primer término  $L_{\text{\tiny NP}}$  representa la lectura equivalente continua observada en el monitoreo en dB(A) y el segundo representa la desviación típica de los niveles sonoros instantáneos de los que se han tomado durante el período de monitoreo.

Para cada registro se indicará la zona, fecha y hora, humedad relativa (en porcentaje), temperatura en grados centígrados velocidad y dirección del viento.

# Normas ISO de referencia Comúnmente de aplicación en Estudios

- Norma ISO 1996/1 Descripción y medición del ruido ambiental. Cantidades básicas y procedimientos normal Icontec 3522.
- Norma ISO 1996/2 Descripción y medición del ruido ambiental. Obtención de datos relativos al uso en campo norma Icontec.
  - Norma ISO 1996/3 Descripción y medición del ruido ambiental. Aplicación de los límites de ruido norma Icontec 3521.
- Norma ISO 9612 Guía de Evaluación de aceptación de exposición ambiental en el trabajo y estadística aplicada a ruido.
- Norma Icontec 3321 acústica determinación de la exposición al ruido u estimación del deterioro de la audición por ruido.