

## **CAPITULO II**

### **2. PARTE TEORICA**

#### **2.1 Descripción del sector**

“Reserva Biológica es un área de extensión variable, que se halla en cualquiera de los ámbitos terrestres o acuáticos, destinada a la preservación de la vida silvestre”.<sup>1</sup>

La Reserva Biológica Limoncocha fue creada en el 23 de Septiembre de 1985<sup>2</sup> Acuerdo Ministerial No 394, con el propósito de conservar la diversidad de flora y fauna, proteger las comunidades de la zona y favorecer estudios científicos y turísticos.

La Reserva Biológica Limoncocha está ubicada aproximadamente a 210 Km al este de la ciudad de Quito, en la provincia del Sucumbíos, cantón Shushufindi, parroquia Limoncocha, tiene un área de 4613.25 has.(Anexo 1).

En la Reserva Biológica Limoncocha se encuentra básicamente la Laguna de Limoncocha (antiguamente llamada Capucuy), las zonas aledañas a ella y la Laguna Negra o Yanacocha. La laguna esta relacionada con el río Napo, su espejo de agua tiene una superficie aproximada de 2,5 Km. cuadrados que guardan una de las mayores diversidades biológicas del mundo. (Anexo 2).

---

<sup>1</sup> Manual de Gestión y Control Medio Ambiental, Fernando Bustos.

<sup>2</sup> Ecología y Biodiversidad del Ecuador, Vargas M.

La Reserva pertenece a la zona de vida correspondiente al bosque húmedo tropical<sup>3</sup>, pero dentro de este existen muchos otros ambientes interesantes como pantanos permanentes, tierras inundadas, tierra firme y ecosistemas acuáticos.

### **2.1.1 Flora**

En la Reserva se encuentran especies similares a las del Cuyabeno y del Parque Yasuní, en lo que se refiere a vegetación primaria. Al sur de la Laguna Limoncocha y en la laguna de Yanacocha se ha identificado la vegetación de igapó.

La comunidad vegetal del bosque húmedo tropical se caracteriza por la complejidad y eficacia adaptativa de las plantas a los factores ambientales (climáticos y edáficos); así como por una alta diversidad específica y una estratificación vertical y disposición espacial del bosque. Esto determina en conjunto una organización dinámica que incide directamente en la funcionalidad del ecosistema, creando una multiplicidad de nichos ecológicos que permiten el flujo de energía y materia dentro del mismo.

La cubierta vegetal de la reserva está determinada por la alta precipitación de la zona, presencia de varios cauces hídricos en especial el río Napo; por la

---

<sup>3</sup> Plan de Manejo Ambiental, Ulloa R.

configuración del relieve; formando una gran llanura de explayamiento intercalado con grandes áreas pantanosas.

La llanura aluvial ocupa 40.727ha, es un área plana a lo largo de 120 Km aledaña al río Napo, se presenta como un bosque denso, con un dosel superior cerrado con abundancia de palmas, lianas, bejucos, y epífitas.<sup>4</sup>

En las riberas del río Napo por deposición de materiales transportados se forma un dique natural, son frecuentes en estas áreas cauces abandonados, los suelos son fértiles mas o menos bien drenados, la vegetación sobre el dique está conformado por árboles bien desarrollados, siendo notables los ceibos, ficus, ingas, capironas y eritrinas con diámetros superiores a los 60 cm y alturas sobre 35m.

Hacia dentro del dique del río Napo hay extensas áreas de moretales homogéneas de 1 y 2 Km de extensión, son sectores permanentemente inundados con suelos mal drenados, con árboles de fustes delgados y entre 25 y 30m de altura, con un bosque ralo con predominio de gramíneas.

Hacia el extremo norte de la reserva existen áreas colinadas con suelos bien drenados donde el dosel superior está conformado por árboles entre 30 y 45 de altura.

---

<sup>4</sup> Estudio y Plan de Manejo Ambiental para Programa de Sísmica 3D en el Complejo Indillana, Walsh.

Los márgenes de los ríos Napo, Yuturi, Pañayacu, Aguarico, Eno, Jivino y Shushufindi están poblados por especies de plantas nativas, pioneras, de uso textil, alimenticio (cultivadas) y medicinal.

En esta zona domina una especie de palma conocida como chontilla y asociada a ella, el macrolobio. En los pantanos de moretales domina el morete, otra especie de palma, que se encuentra principalmente al extremo sur de la Reserva cubriendo zonas permanentemente inundadas. Junto a estas palmas crece un bejuco conocido como uña de gato, muy apreciado por sus bondades medicinales, así como el árbol de balsa, de madera muy apta para la fabricación de artesanías.

En lo que se refiere a bosque secundario se encuentran árboles muy cotizados por los comerciantes y el guarumo.

### **2.1.2 Fauna**

Existe un alto nivel de biodiversidad, pero con una baja densidad poblacional que se mantiene constante. Las lagunas poseen una gran riqueza faunística, especialmente en lo que a avifauna se refiere, con más de 460<sup>5</sup> especies identificadas, de las cuales un gran número son endémicas de la Reserva.

---

<sup>5</sup> <http://192.188.53.69/IPARQUE/aprotee.html>

La población de caimanes es característica de la reserva, especialmente la del negro, pero también se encuentran caimanes blancos.

La herpetofauna del lugar no es la excepción en cuanto a variedad. La Laguna de Limoncocha tiene una gran cantidad de gramíneas en sus orillas que son el hábitat preferido de anfibios y reptiles. También comparten ese hábitat peces como la piraña y otros, aprovechados por los quichuas del sector para su alimentación.

Avifauna: Martín pescador garrapateros, garza, pericos, loras, guacamayos, gallinazos de cabeza roja y amarilla; existen en la Reserva cumpliendo su función purificadora al alimentarse de carroña y desperdicios.

Anfibios y reptiles: Se han identificado más de 45 especies de los primeros y 30 de los segundos. Son característicos, además, los caimanes (blanco ó de anteojos, negro y yarina) superpredadores acuáticos; la charapa grande, en peligro de extinción por la colecta excesiva de sus huevos.

Peces: La piraña, el sábalo, la sardina y la lisa.

Mamíferos: La capibara, el roedor más grande del mundo, tapir, murciélagos, mono aullador.

### **2.1.3 Clima**

El clima que corresponde a la Reserva Biológica Limoncocha es el uniforme megatérmico muy húmedo<sup>6</sup>. Uniforme y megatérmico se refiere al régimen anual de lluvias y a las precipitaciones anuales, y es megatérmico por la temperatura media anual que es cercana a los 25°C.

Durante todo el año en la Reserva hay una constante radiación solar, y la humedad atmosférica suele ser mayor al 80%; sin embargo, en días claros y soleados, desciende a casi 50%, al tiempo que la temperatura se encuentra en un rango de 18°C a 36°C, las precipitaciones anuales van desde los 3000 a 4000 m.m.<sup>7</sup>, la velocidad del viento predominante es de 1.2m/s en dirección este, y la velocidad máxima es de 3.2 m /s.

### **2.1.4 Hidrología**

La Laguna de Limoncocha tiene origen fluvial y cubre una superficie de 370 has. Es el río Napo el principal afluente y donde se destacan varios islotes que surgen en época seca. También, persisten áreas de inundación temporal.

### **2.1.5 Población**

La zona de influencia de la Reserva está ocupada mayoritariamente por quichuas. La reducción de su territorio, su vinculación al mercado nacional y el ingreso de petroleras ha causado un cambio paulatino en sus hábitos de vida y organización

---

<sup>6</sup> Plan de Manejo Ambiental, Ulloa R.

<sup>7</sup> Plan de Manejo Ambiental, Ulloa R.

comunitaria. Las comunidades practican una agricultura de chacra en el ámbito casero con alimentos base como el plátano, la yuca, el camote y la caña de azúcar.

Dichos grupos solían abastecerse enteramente mediante la caza; pero la desaparición de varias especies ha hecho que incorporen la crianza de animales a su rutina diaria. De todos modos, la pesca, la caza y la recolección aún son actividades importantes en su cultura. Las principales comunidades que habitan la zona son Limoncocha, Santa Elena, Jivino e Itaya.

#### **2.1.6 Actividades Industriales**

Dentro de la Reserva Biológica de Limoncocha se encuentra la compañía petrolera Occidental Exploration and Production Company (OXY), la cual está autorizada por la DNH para realizar operaciones hidrocarburíferas.

En el campo Indillana existen 36 pozos productores y 2 pozos inyectores, ubicados indistintamente en 9 plataformas y el centro de facilidades de producción CPF, 2 de estas plataformas, Laguna A e Itaya B, se encuentran dentro de la Reserva Biológica Limoncocha y 7 plataformas más el CPF en la zona de amortiguamiento de la misma. Una de las plataformas más cercanas a la laguna es Jivino B la que esta a unos 50m de distancia hacia ésta.

### Datos de las plataformas petroleras en estudio

Nombre	Coordenadas		Superficie
CPF	9959157,713N	318762,620E	40ha
Jivino B	9956777,523N	320245,174E	3.64ha
Laguna A	9955462,869N	323072,443E	4.38ha
Itaya B	9956234,833N	327593,668E	2.47ha

Anexo 3 (Fotos de las Plataformas y sus respectivos generadores)

En el campo Indillana encontramos 28 generadores eléctricos que son las fuentes fijas de emisión de ruido distribuidos en distintas plataformas petroleras :

### Fuentes fijas de emisión en las Plataformas Petroleras

NOMBRE DE LA PLATAFORMA	GENERADOR	MOTOR GENERADOR	BOMBA GENERADOR
CPF	7	3	4
ITAYA A	5	-	-
ITAYA B	-	4	-
IDILLANA	3	-	-
JIVINO A	5	-	-
JIVINO B	1	-	4
JIVINO C	1	-	-
JIVINO E	1	-	-
JIVINO F	-	-	4
LAGUNA	5	4	-



Se debe mencionar también a la Estación Científica de la Universidad Internacional SEK, que es un centro de investigación que estudia los impactos ocasionados al área por las actividades petroleras, realiza monitoreos de agua, ruido, aire en el área de la Reserva y varios proyectos de investigación.

## **2.2 Definición de ruido**

El ruido es un sonido molesto producido en un sitio inadecuado y en el momento inadecuado. Técnicamente el ruido es una forma de energía que se transmite por ondas a través de las moléculas del aire o de cualquier otro material, con una velocidad constante, y cuya intensidad disminuye con la distancia.

Para efectos prácticos, el ruido se distingue entre ruido laboral y ruido ambiental.

El ruido laboral es el que se produce en los centros de trabajo.

El ruido ambiental es el producido por los focos de ruido presentes en el medio exterior o aquellos que inciden en receptores sensibles al ruido debido a una propagación del sonido por el medio exterior. Desde este punto de vista, los principales focos de ruido son las infraestructuras del transporte, la industria y el medio urbano. Además, existen otros focos menos relevantes por su incidencia o su reciente aparición.

## **2.3 Definiciones**

Se consideran las definiciones establecidas en el Reglamento de Prevención de la Contaminación Ambiental por Ruido, Acuerdo Ministerial No. 7789. R.O./560 de 12 de noviembre de 1990 y en el Texto Unificado de Legislación Ambiental de 2002 que a continuación se indican:

### **“Decibel (dB)**

Unidad adimensional utilizada para expresar el logaritmo de la razón entre una cantidad medida y una cantidad de referencia. El decibel es utilizado para describir niveles de presión, de potencia o de intensidad sonora.

### **Fuente Fija**

La fuente fija se considera como un elemento o un conjunto de elementos capaces de producir emisiones de ruido desde un inmueble, ruido que es emitido hacia el exterior, a través de las colindancias del predio, por el aire y/o por el suelo. La fuente fija puede encontrarse bajo la responsabilidad de una sola persona física o social.

### **Generadores de Electricidad de Emergencia**

Se designa al conjunto mecánico de un motor de combustión interna y un generador de electricidad, instalados de manera estática o que puedan ser transportados e instalados en un lugar específico, y que es empleado para la

generación de energía eléctrica en instalaciones tales como edificios de oficinas y/o de apartamentos, centros comerciales, hospitales, clínicas, industrias. Generalmente, estos equipos no operan de forma continua. Esta norma no es aplicable a aquellas instalaciones de generación de energía eléctrica destinadas al sistema nacional de transmisión de electricidad, y que utilizan tecnología de motores de combustión interna.

### **Nivel de Presión Sonora**

Expresado en decibeles, es la relación entre la presión sonora siendo medida y una presión sonora de referencia, matemáticamente se define:

$$NPS = 20 \log_{10} \left[ \frac{PS}{20 * 10^{-6}} \right]$$

donde  $PS$  es la presión sonora expresada en Pascales ( $N/m^2$ ).

### **Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente (NPSeq)**

Es aquel nivel de presión sonora constante, expresado en decibeles A [dB(A)], que en el mismo intervalo de tiempo, contiene la misma energía total que el ruido medido.

### **Nivel de Presión Sonora Corregido**

Es aquel nivel de presión sonora que resulte de las correcciones establecidas en la presente norma.

**Receptor**

Persona o personas afectadas por el ruido.

**Respuesta Lenta**

Es la respuesta del instrumento de medición que evalúa la energía media en un intervalo de un segundo. Cuando el instrumento mide el nivel de presión sonora con respuesta lenta, dicho nivel se denomina NPS Lento. Si además se emplea el filtro de ponderación A, el nivel obtenido se expresa en dB(A) Lento.

**Ruido Estable**

Es aquel ruido que presenta fluctuaciones de nivel de presión sonora, en un rango inferior o igual a 5 dB(A) Lento, observado en un período de tiempo igual a un minuto.

**Ruido Fluctuante**

Es aquel ruido que presenta fluctuaciones de nivel de presión sonora, en un rango superior a 5 dB(A) Lento, observado en un período de tiempo igual a un minuto.

**Ruido Imprevisto**

Es aquel ruido fluctuante que presenta una variación de nivel de presión sonora superior a 5 dB(A) Lento en un intervalo no mayor a un segundo.

## **Ruido de Fondo**

Es aquel ruido que prevalece en ausencia del ruido generado por la fuente objeto de evaluación.”

### **2.4 Características físicas del sonido**

Cualquier superficie sólida que vibre genera unas perturbaciones análogas en el medio que se encuentra. Es la fuente más simple de sonido.

En el aire el sonido se propaga en todas direcciones en forma de ondas esféricas, que son ondas de presión.

El oído distingue unas sensaciones sonoras de otras, debido a que aprecia tres características del sonido: el tono, el timbre y la intensidad.

La intensidad se refiere a sonidos fuertes y débiles, el tono es la cualidad, graves y agudos, y el timbre es la característica que nos permite diferenciar dos sonidos que tienen el mismo tono, pero que provienen de distinta fuente.

Cada una de las características anteriormente citadas esta relacionada con una propiedad de la onda sonora.

El tono esta determinado por la frecuencia de la vibración, la intensidad con la amplitud de la vibración, y el timbre por la naturaleza de la vibración es decir por la forma de la onda.

El tono corresponde al número de ondas que cada segundo llegan al oído, de manera que el tono es tanto mas agudo cuanto mayor es la frecuencia. El tono puede medirse por la frecuencia o número de vibraciones por segundo. La unidad de frecuencia es el Hertz que es igual a una vibración por segundo.

El oído humano detecta frecuencias en un rango de 20 y 20.000 hertzios<sup>8</sup>

La fuerza o intensidad de un sonido está relacionada con la amplitud de la vibración, una cuerda que se separa mucho de su posición de equilibrio suena mas fuerte que si la separamos un poco.

Se llama intensidad de un movimiento ondulatorio la cantidad de energía transportada por unidad de tiempo a través de la unidad de superficie normal a la dirección de la propagación.

La recepción de una onda sonora por el oído engendra una vibración de las partículas del aire situadas delante del tímpano con una frecuencia y amplitud definida.

Esta vibración puede considerarse también a las variaciones de presión del aire en el mismo punto.

---

<sup>8</sup> Tratado Universal del Medio Ambiente, Varios

La energía mecánica transmitida por la onda de presión en la unidad de tiempo es la magnitud que caracteriza a una fuente de sonido y se llama potencia sonora.

## 2.5 Unidades de medida y niveles de referencia

### 2.5.1 Potencia e intensidad sonora

La velocidad a la que se transmite la energía por ondas sonoras se llama potencia del sonido (W) medida en vatios. A la potencia media del sonido por unidad de área normal a la dirección de propagación de una onda sonora se le denomina intensidad acústica o sonora (I).

Por ejemplo. Si una fuente de ruido es una esfera vibrante, la intensidad acústica a una distancia r es igual:

$$I = \frac{W}{4\pi r^2} \text{ vatios} / m^2 \quad 9$$

También a una distancia suficiente de la fuente de ruido, se puede comprobar que la intensidad es proporcional al cuadrado de la presión del sonido, la relación es la siguiente:

$$I = \frac{p^2}{\rho c} \quad 10$$

Donde I = intensidad acústica, W/ m<sup>2</sup>

p = la presión del sonido (raíz cuadrada media del valor es pascuales, Pa)

---

<sup>9</sup> Ingeniería Ambiental, Gerard Kiely

<sup>10</sup> Ingeniería Ambiental, Gerard Kiely

$\rho$  = densidad del medio, kg/ m<sup>3</sup>

c = la velocidad del sonido en el medio, m/s

### 2.5.2 Nivel y decibelio

El rango de presiones sonoras que hallamos en el campo del control del ruido es tan amplio que es más cómodo emplear el nivel de presión sonora, una cantidad que es proporcional al logaritmo de la presión sonora.

Por definición el nivel es el logaritmo de la razón de una cantidad dada respecto de una cantidad de referencia del mismo tipo.

El oído humano percibe una enorme gama de presiones sonoras. En consecuencia, para fines de medición del ruido se emplea una escala basada en diez veces el logaritmo de las proporciones de las cantidades medidas respecto a cantidades específicas de referencia. El nivel de potencia de referencia es e 10-12 vatios, y el nivel de potencia sonora en decibelios se define con la siguiente ecuación:

$$L_w = 10 \log_{10} \frac{W}{10^{-12}} \quad ^{11}$$

Donde  $L_w$  = el nivel de potencia sonora en dB para  $10^{-12}$  W

W = la potencia sonora de la fuente de ruido, vatios (W)

---

<sup>11</sup> Ingeniería Ambiental, Gerard Kiely



Al ser la potencia sonora proporcional al cuadrado de la presión del sonido el nivel de presión del sonido en decibelios se define de la siguiente manera:

$$L_p = 10 \log_{10} \frac{p^2}{p_o^2} = 20 \log_{10} \frac{p}{p_o}$$

Donde  $L_p$  = el nivel de presión del sonido en decibelios, dB

$p$  = la presión medida (la raíz cuadrada media del valor en Pa)

$p_o$  = la presión de referencia ( $20 \mu Pa$ )

La presión de referencia se toma como el umbral de audición, es decir, el sonido mas débil que el oído puede detectar, este sonido debería tener un nivel de presión del sonido de cero decibelios, pero los niveles de presión del sonido inferiores a 25 decibelios no se encuentran normalmente excepto en habitaciones especialmente construidas como los estudios de radiodifusión.

Los medidores del nivel de sonido miden el nivel de sonido en decibelios, siendo el sonido mas bajo que se puede medir con equipos convencionales de aproximadamente 38 dB.

El nivel de presión del sonido depende de la potencia de salida de la fuente de emisión de ruido y del medio ambiente (de la posición de la medición).

### **2.5.3 Combinación de niveles de presión sonora**

Los valores en decibelios no se pueden sumar directamente porque son logarítmicos.

Si dos fuentes de sonido similares se suman, la potencia y la intensidad se duplican, pero no así la presión (dB). Sin embargo, puesto que la presión del sonido recibida es proporcional a la raíz cuadrada de la intensidad, la nueva presión del sonido sería igual a la presión original multiplicada por la raíz de dos.

### **2.5.4 Frecuencias**

La mayoría de los sonidos ambientales se componen de un gran número de frecuencias. Las frecuencias de sonidos audibles varían de 0.015 a 15kHz<sup>12</sup>. A frecuencias menores de 0.015 KHz. el sonido no es audible generalmente.

En la práctica no se suelen encontrar sonidos con una frecuencia superior a 8kHz y no deben dar lugar a quejas. Los sonidos con frecuencias por encima de 8kHz se pueden generalmente ignorar en el control del ruido ambiental.

La amplia gama de frecuencias de sonidos audibles se divide en bandas de octava; una banda de octava es el intervalo de frecuencia entre una frecuencia dada y el doble de dicha frecuencia. El análisis de las bandas de octava requiere un juego de filtros de octavas que puede venir incorporado al medidor de nivel de sonido.

---

<sup>12</sup> Ingeniería Ambiental, Gerard Kiely

## 2.6 Clasificación de los sonidos

Los sonidos se clasifican en:

- Continuos
- Intermitentes
- Impulsivos

**Continuo.** Es un nivel de sonido interrumpido que varía menos de 5 dB<sup>13</sup> durante el período de observación.

**Intermitente.** Es un sonido continuo que dura mas de un segundo pero que se interrumpe durante mas de un segundo.

**Impulsivo.** Si un sonido es de corta duración, menos de un segundo.

## 2.7 Fuentes de contaminación por ruido

El ruido se puede emitir desde un foco puntual (un generador de electricidad), un foco espacial (una discoteca) o un foco lineal (un tren en movimiento), el ruido se disipa de manera ligera desde su fuente pero a una determinada distancia del punto de emisión el ruido ya no se percibe.

La contaminación sonora procede de distintas fuentes:

- Tráfico
- Equipos industriales
- Actividades de construcción
- Actividades deportivas y multitudinarias
- Aviones en vuelo bajo

---

<sup>13</sup> Ingeniería Ambiental, Gerard Kiely

## **2.8 Efectos del ruido**

El potencial de daño auditivo de una fuente concreta de ruido no solo depende de su nivel sino también de su duración.

Generalmente, se acepta que un medio ambiente sonoro por debajo de 75dB<sup>14</sup> no es dañino, mientras que un sonido simple superior a 140dB puede ocasionar un daño auditivo permanente. Entre estos dos niveles la cantidad de daño auditivo varía con el nivel de sonido, con el tiempo de exposición y con la sensibilidad individual al ruido.

Los sonidos durante la noche se consideran dos veces mas sonoros que el mismo sonido durante el día.

### **2.8.1 Efectos fisiológicos**

#### **2.8.1.1 Pérdida de capacidad auditiva**

Se puede provocar pérdida total del oído si existe una exposición prolongada a ciertos niveles de ruido.

Se ha visto esto en personas que trabajan en ambientes ruidosos, como las industrias.

Las personas que durante mas de 20 años y a razón de ocho horas diarias han estado sometidos a niveles de ruido superiores a 90dB (A) Leq. tiene una

---

<sup>14</sup> [http://www.ruidos.org/Referencias/Ruido\\_efectos.html](http://www.ruidos.org/Referencias/Ruido_efectos.html)

probabilidad grande de perder totalmente el sentido del oído y por tanto convertirse en sordos.

Además de la pérdida progresiva de la audición hasta llegar a la sordera existen otras alteraciones del oído debidas al ruido:

- Taponamiento del canal auditivo debido al aumento de la secreción de cera..
- Ruptura de la membrana timpánica.
- Otitis.

Las exposiciones prolongadas a niveles de ruido excesivos o las exposiciones instantáneas a niveles muy altos producidos por impactos, afectan sobre todo al oído interno, si bien la secreción de cera también es considerada por algunos autores como un mecanismo de defensa del oído externo.

#### **2.8.1.2 Efectos fisiológicos no auditivos**

El ruido produce en el sistema neuro-vegetativo, una serie de modificaciones funcionales que son reacciones de defensa del organismo frente a una agresión externa, por ejemplo elevación de la presión arterial, aceleración del ritmo cardíaco, y de los movimientos respiratorios, tensión muscular, descargas de hormonas en la sangre, etc.

Esto ocurre cuando el ruido es intenso, de carácter impulsivo y el que lo oye no está preparado para ello, sin embargo estos síntomas también se aprecian en grupos de población que están expuestas de manera constante a altos niveles de ruido.

Los niveles de ruido altos están considerados como factores de riesgo o factores desencadenantes de algunas enfermedades cardiovasculares.

Los efectos del ruido sobre la salud mental se centran en la posibilidad de que aparezcan síntomas de nerviosismo o trastornos mentales.

### **2.8.2 Efectos sobre el sueño**

La perturbación del sueño por el ruido, puede provocar también efectos fisiológicos ya que se altera una actividad esencial e indirectamente se reduce el rendimiento al crearse un estado de fatiga durante la jornada.

El sueño no es continuo sino que se compone de varias fases que se suceden durante la noche en ciclos repetitivos.

El ruido influye negativamente sobre el sueño de tres formas diferentes que se dan, en mayor o menor grado según peculiaridades individuales, a partir de los 30 decibelios:

1. Mediante la **dificultad o imposibilidad de dormirse**.
2. Causando **interrupciones del sueño** que, si son repetidas, pueden llevar al insomnio. La probabilidad de despertar depende no solamente de la intensidad del suceso ruidoso sino también de la diferencia entre ésta y el nivel previo de ruido estable. A partir de 45 dBA la probabilidad de despertar es grande.
3. Disminuyendo la **calidad del sueño**, volviéndose éste menos tranquilo y acortándose sus fases más profundas, tanto las de sueño paradójico (los sueños) como las no-paradójicas. Aumentan la presión arterial y el ritmo cardiaco, hay vasoconstricción y cambios en la respiración.

Como consecuencia de todo ello, la persona no habrá descansado bien y será incapaz de realizar adecuadamente al día siguiente sus tareas cotidianas. Si la situación se prolonga, el equilibrio físico y psicológico se ven seriamente afectados.

Durante el sueño, las señales llegan a nuestro sistema nervioso, no nos despiertan pero desencadenan consecuencias fisiológicas de las que no somos conscientes: frecuencia cardiaca, flujo sanguíneo o actividad eléctrica cerebral. Es el llamado síndrome de adaptación.

### **2.8.3 Efectos sobre la comunicación**

El nivel del sonido de una conversación en tono normal es, a un metro del hablante, de entre 50 y 55 dBA. Hablando a gritos se puede llegar a 75 u 80. Por

otra parte, para que la palabra sea perfectamente inteligible es necesario que su intensidad supere en alrededor de 15 dBA al ruido de fondo.<sup>15</sup>

Por lo tanto, un ruido superior a 35 ó 40 decibelios provocará dificultades en la comunicación oral que sólo podrán resolverse, parcialmente, elevando el tono de voz. A partir de 65 decibelios de ruido, la conversación se torna extremadamente difícil.

El efecto mas evidente del ruido es la perturbación sobre las conversaciones orales, que a partir de cierto nivel el sonido enmascara el sonido que se desea escuchar.

Por tanto existe una doble molestia, primero se deteriora la calidad de la comunicación y se puede perder parte de la información y por otra parte es necesario hablar mas fuerte y por tanto realizar un esfuerzo extra.

La pérdida de información puede ser peligrosa cuando el ruido enmascara sonidos que son señales de advertencia o alerta.

#### **2.8.4 Efectos sobre el trabajo**

El ruido puede disminuir la atención cuando se realiza una tarea específica, y el grado de distracción depende del contenido informativo del ruido y del estado psicofísico de la persona.

---

<sup>15</sup> [http://www.ruidos.org/Referencias/Ruido\\_efectos.html](http://www.ruidos.org/Referencias/Ruido_efectos.html)



El ruido puede modificar el estado de alerta y puede contribuir a aumentar o disminuir la eficacia de un trabajo. Por tanto los trabajos que requieren mas atención y concentración serán los más afectados.

Se pueden constituir como indicadores de los efectos negativos del ruido sobre las actividades intelectuales y el trabajo los siguientes:

- Aumento de accidentes en los ambientes ruidosos.
- Una disminución en el aprendizaje de la escritura y la lectura en el caso de niños residentes y escolares en zonas muy ruidosas aunque este efecto esta también muy relacionado con el deterioro de las comunicaciones.

#### **2.8.5 El estrés y sus manifestaciones y consecuencias**

Las personas sometidas de forma prolongada a situaciones como las anteriormente descritas (ruidos que hayan perturbado y frustrado sus esfuerzos de atención, concentración o comunicación, o que hayan afectado a su tranquilidad, su descanso o su sueño) suelen desarrollar algunos de los síndromes siguientes:

- **Cansancio** crónico.
- **Tendencia al insomnio**, con consiguiente agravamiento de la situación.
- **Enfermedades cardiovasculares:** hipertensión, cambios en la composición química de la sangre, isquemias cardiacas, etc. Se han

mencionado aumentos de hasta el 20% o el 30% en el riesgo de ataques al corazón en personas sometidas a más de 65<sup>16</sup> decibelios en periodo diurno.

- **Trastornos del sistema inmune** responsable de la respuesta a las infecciones y a los tumores.
- **Trastornos psicofísicos** tales como ansiedad, manía, depresión, irritabilidad, náuseas, jaquecas, y neurosis o psicosis en personas predispuestas a ello.
- **Cambios conductuales**, especialmente comportamientos antisociales tales como hostilidad, intolerancia, agresividad, aislamiento social y disminución de la tendencia natural hacia la ayuda mutua.

#### **2.8.6 Efectos sobre la fauna salvaje**

Este aspecto no ha sido explorado aún suficientemente.

En un número especial del Correo de la UNESCO (julio de 1967) se publicó la siguiente afirmación sobre los efectos fatales que puede tener el ruido:

“Experimentos de laboratorio han demostrado que el sonido que tiene una intensidad de 150 a 160 decibeles es fatal para ciertos animales. Los animales sufrieron de quemaduras, espasmos y parálisis antes de morir”.<sup>17</sup>

---

<sup>16</sup> Ecología y Ruido, Theodore Berland

<sup>17</sup> Ecología y Ruido, Theodore Berland

Los fisiólogos Meyer Friedman, Sanford O. Byers y Alvin E. Brown, pertenecientes al Hospital y Centro Médico Mount Zion, de San Francisco, estudiaron los efectos que tiene el ruido en los lípidos del plasma tanto de ratas como de conejos. Los animales fueron expuestos día y noche a un suave ruido de fondo de 102dB y a ruidos intermitentes y casuales de un segundo de duración de 114 dB. Según el experimento las exposiciones al ruido duraron una, dos, tres, cuatro y ocho semanas.

La concentración de triglicerina (lípidos de la sangre) en la sangre de las ratas de experimentación era el doble que en la de las ratas de control y, una vez alcanzado ese alto nivel se mantenía en el mismo por tres semanas después de terminados los experimentos. Las pruebas indicaron que el aumento de esa grasa en la sangre, es responsable de la obstrucción de los vasos sanguíneos y de ataques al corazón e infartos, está relacionado con la sobreproducción inducida por el ruido de hormonas corticosteroides por las glándulas suprarrenales.

La sangre de los conejos expuestos al ruido durante cuatro semanas presentó importantes aumentos en el contenido de colesterol. Las autopsias demostraron que el interior de las aortas de los conejos sometidos al ruido estaba cubierto por una acumulación mucho mayor de ese moho arterial que el de los conejos de control que habían sido expuestos a ruido normal.

Los resultados de las investigaciones disponibles apuntan a efectos negativos sobre la nidificación de las aves, los sistemas de comunicación de los mamíferos marinos y otros peor definidos.

La contribución del ruido desplaza muchas especies animales de sus hábitat y rutas naturales, así como a la creación de impedimentos a sus costumbres de reproducción y alimentación.

La Organización Mundial de la Salud ha propuesto algunas guías (Guidelines for Community Noise) <sup>18</sup> en las cuales se establecen valores límites recomendados, en esta tabla (Anexo 4) se establece un criterio con respecto al nivel de presión sonora en áreas protegidas.

## **2.9 Medidores del nivel de sonido**

Si bien no se puede medir directamente la potencia de sonido, si se puede medir la intensidad de sonido con instrumentos modernos. Los medidores de nivel sonoro se emplean para medir el nivel de presión de sonido. Los medidores de ruido se clasifican como sigue:

Tipo 0. Para situaciones de referencia en el laboratorio

Tipo 1. Nivel de precisión, usado para mediciones de campo exactas

Tipo 2. Nivel industrial, para trabajos de campo no críticos

---

<sup>18</sup> [http://www.ruidos.org/Referencias/Guia\\_OMS.html](http://www.ruidos.org/Referencias/Guia_OMS.html)

### Tipo 3. Nivel de campo con indicadores de nivel de sonido de bajo coste

Se recomienda utilizar el tipo 1 para mediciones industriales y para las mediciones ambientales que incluyan cuestiones legislativas.

El sonómetro es un aparato para la medida del nivel de presión sonora ponderado en frecuencia y en tiempo (a menudo abreviado como nivel sonoro), la mayoría de estos son de tamaño pequeño, poco peso y funcionan con pilas. (Anexo 5)

Los principales componentes de un sonómetro son: el micrófono, preamplificador, amplificador, ponderación de frecuencia, control del rango de nivel, promediador de tiempo e indicador.

El oído no responde igual a todas las frecuencias ni a todos los niveles (curvas de igual sonoridad) es más sensible en la banda de 2 a 5 KHz., y menos sensible para frecuencias por encima o por debajo de ésta. Esta característica es más notable para niveles de presión sonora bajos que para altos.

Cuando un Sonómetro tiene red de ponderación, significa que la señal pasa por un circuito cuya sensibilidad varía con la frecuencia del mismo modo que lo hace el oído humano, y en virtud de esta ponderación convertimos la medida de presión sonora en una estimación de la sonoridad del ruido.

El micrófono es el elemento mas importante del sonómetro y es el que determina el tipo de instrumento. Debe estar protegido de daños mecánicos, de la humedad, y de la turbulencia de baja frecuencia del viento. Se debe usar siempre una cubierta contra vientos y lluvia que proteja al micrófono, para aislarlo del polvo, como de ruidos de viento.

Los sonómetros suelen incorporar redes de ponderación A y C y disponen de posiciones de lectura rápidas y lentas. En la legislación del Ecuador se requiere que el equipo de medición de ruido utilice la ponderación A y la respuesta lenta.

### **Ponderación de frecuencia**

La ponderación de frecuencia en un sonómetro altera las características de la respuesta de frecuencia de acuerdo con las especificaciones de una norma nacional o internacional. Así la indicación de un instrumento para medir el nivel sonoro, para un nivel determinado de presión sonora de entrada, depende de la frecuencia del sonido que llega al micrófono y de la ponderación de frecuencia seleccionada.

### **Ponderación A**

Es la red de ponderación más comúnmente utilizada para la valoración de daño auditivo e inteligibilidad de la palabra. Empleada inicialmente para analizar sonidos de baja intensidad, es hoy, prácticamente, la referencia que utilizan las leyes y

reglamentos contra el ruido producido a cualquier nivel. El nivel de presión sonora se expresa en dB(A).

Las normas nacionales e internacionales requieren que todos los aparatos que midan el nivel sonoro incorporen la ponderación de frecuencia A.

Los niveles sonoros con la ponderación de frecuencia A se correlacionan adecuadamente con varias respuestas humanas para diferentes tipos de fuentes de ruido.

La característica principal de esta ponderación es que toma en cuenta la sensibilidad reducida de la audición humana normal para frecuencias bajas comparada con la respuesta frente a frecuencias altas.

La unidad del nivel sonoro con ponderación A es el decibelio, muchas veces el símbolo dB va seguido de la letra A entre paréntesis para indicar que se utilizó la ponderación A.

### **Ponderación B**

Creada para modelar la respuesta del oído humano a intensidades medias. Sin embargo, en la actualidad es muy poco empleada (una gran cantidad de sonómetros ya no la contemplan).

## **Ponderación C**

La respuesta con ponderación C es uniforme entre 50 y 5000Hz. A menudo, si un sonómetro no incluye ponderación, la ponderación C se utiliza para una medición global.

La ponderación C incorpora poca modificación por frecuencia, es decir casi ningún filtrado. Por tanto si el nivel de sonido medido es mucho mas alto en la escala C que en la escala A, es probable que la mayor cantidad del ruido esté en las frecuencias bajas.

## **Ponderación de Tiempo**

El nivel de presión sonora varía con el tiempo. Consecuentemente, las fluctuaciones de presión instantáneas deben integrarse en el intervalo de tiempo en que se desee realizar la medida. Con el fin de aproximar el tiempo de integración a nuestro sistema de audición, los medidores tienen un estándar para tiempo de respuesta rápido (fast), que corresponde con una constante de tiempo de 0,125 s.

Los medidores también integran la opción de tiempo de respuesta lento (slow), con constante de tiempo de 1 s, con el propósito de que sea más sencillo estimar el valor medido de niveles de fluctuación rápidos.



## 2.10 Atenuación

### 2.10.1 Atenuación por divergencia geométrica (Adiv)

La divergencia geométrica es la expansión esférica de la energía acústica en campo libre a partir de una fuente puntual, Adiv, viene dada por:

$$A^v = 20 \log_{10} r + 10,9 - C \quad \text{dB}$$

donde  $r$  es la distancia desde la fuente puntual en metros y  $C$  es un término de corrección pequeño.

Nótese que estas expresiones no dependen de la frecuencia.

El término  $20 \log_{10}$  de la ecuación anterior significa que un nivel sonoro decrece 6 dB cada vez que se dobla la distancia desde la fuente o, de forma equivalente, 20 dB cada vez que la distancia se multiplica por 10.<sup>19</sup>

### 2.10.2 Atenuación por la distancia

Se menciona anteriormente, el alcance de la difusión geométrica depende del tipo de fuente y de la presencia de límites cercanos. La duplicación de la distancia da una reducción de 3 dB para una fuente lineal y 6dB para una fuente puntual.<sup>20</sup>

---

<sup>19</sup> Ingeniería Ambiental, Gerard Kiely

<sup>20</sup> Manual de Medidas Acústicas y Control del Ruido, Cyril M. Harris

### 2.10.3 Atenuación resultante de la absorción del aire (Aaire)

A medida que el sonido se propaga a través de la atmósfera, su energía se convierte gradualmente en calor (el sonido es absorbido) mediante varios procesos moleculares denominados absorción del aire. La atenuación del sonido debida a la absorción del aire durante la propagación, Aaire, a través de una distancia de d metros, viene dada por

$$A_{\text{aire}} = ad/100 \quad \text{dB}$$

donde a es el coeficiente de atenuación del aire en decibelios por kilómetro. El coeficiente de atenuación depende en gran medida de la frecuencia y la humedad relativa y, en menor medida, de la temperatura.

También depende ligeramente de la presión ambiental, lo suficiente como para notarse con cambios de altitud grandes (miles de metros), pero no con cambios climatológicos. Por ejemplo, a una temperatura de 30 °C y una humedad relativa del 50 por 100, la atenuación es 3,6 dB/km<sup>21</sup> a una frecuencia de 500 Hz. Por tanto, a una distancia de 100 m es despreciable (0,36 dB); sin embargo, a una distancia de 10.000 m es 36 dB.

Estos resultados ilustran que la absorción del sonido en el aire puede ser insignificante para distancias cortas desde la fuente (distancias inferiores a varios cientos de metros), salvo para frecuencias muy altas (por encima de 5000 Hz). A distancias grandes, donde la atenuación por absorción del aire es significativa

---

<sup>21</sup> Manual de Medidas Acústicas y Control del Ruido, Cyril M. Harris

para todas las frecuencias, el nivel sonoro ha de calcularse en función de las frecuencias a la temperatura y humedad relativa especificadas.

#### **2.10.4 Atenuación debida al suelo (Asuelo)**

Por encima de un suelo plano reflectante el sonido llega a un receptor desde una fuente a través de dos vías: directamente y mediante la reflexión desde el suelo.

La atenuación  $A_{\text{suelo}}$  es el resultado de la interferencia entre el sonido directo y el reflejado por el suelo y depende en gran medida del tipo de superficie de este último.

Las superficies suaves de terreno como la hierba, la tierra cultivada o la grava, absorben energía sonora y reducen los niveles de ruido percibidos. Acústicamente las superficies duras, como el hormigón y el agua reflejan las ondas sonoras y absorben poca energía sonora. El alcance de la atenuación sonora de las superficies acústicamente suaves varía con la frecuencia y con las alturas de la fuente de ruido y del receptor.

Debido a los efectos significativos de la frecuencia es difícil dar cualquier dato general de absorción para superficies acústicamente suaves; las atenuaciones varían de 0 a más de 20 dB por 100m.

No obstante la hierba da unos valores altos de atenuación a frecuencias bajas (0.3 a 1kHz) donde el control del ruido es normalmente mas difícil.

#### **2.10.5 Atenuación debida a la vegetación (A<sub>veget</sub>).**

Se obtiene poca reducción sonora con franjas estrechas de árboles. Se necesita una plantación densa y ancha (mas de 50m) con follaje hasta nivel del suelo para que haya una absorción significativa de sonido. Se puede tener una reducción de 0.1dB <sup>22</sup>por metro de espesor.

Árboles y arbustos no son buenas barreras contra el ruido, ya que como pantalla aportan muy poca atenuación. Al mantener el suelo poroso, sus raíces sí aportan cierta atenuación por efecto suelo. Por tanto, la principal contribución de la vegetación no es una atenuación de barrera, sino una atenuación de suelo, que es inherente al cálculo de A<sub>suelo</sub>. Sin embargo, si la vegetación es suficientemente densa como para obstruir completamente la visión y si también intercepta la vía de propagación acústica, se produce una atenuación adicional debida a la propagación a través de ella. Un seto, un grupo de arbustos, una banda de vegetación que crezca naturalmente o un bosque son ejemplos de vegetación densa. No se produce atenuación mediante ramas desnudas o troncos de árboles.

No debe tener en cuenta una longitud de propagación superior a 200 m (650 ft) a través de la vegetación.

---

<sup>22</sup> Ingeniería Ambiental, Gerard Kiely

#### **2.10.6 Atenuación por superficies reflectantes y barreras de ruido.**

El nivel de sonido cerca de una superficie vertical lisa y dura, como la fachada de un edificio, es el resultado de las ondas sonoras tanto directas como reflejadas. Justo en la superficie de los efectos combinados dan un nivel de sonido incrementado de 6dB, reduciéndose a 3dB dentro del metro aproximado de distancia al suelo. El efecto de la superficie vertical disminuye cuando el punto de medición se mueve y se hace insignificante a distancias superiores a los 10m.

El alcance varía con la frecuencia, cuanto mas baja sea la frecuencia mayor es la difracción y menor es la atenuación sonora resultante. Para que las barreras sean eficaces deben estar colocadas lo mas cerca posible de la fuente de ruido o del receptor. Además deben ser largas y altas para asegurar que el ruido no se escape por los extremos. También se debe minimizar la transmisión del sonido a través de una barrera, el material de la barrera exige una masa mínima por unidad de área de 10Kg/m<sup>2</sup>, ello permite el uso de materiales ligeros como las placas de amianto o los tableros de cartón. Los efectos de las barreras son funciones complejas de la diferencia entre longitudes de trayectoria del nivel de ruido directo y reflejado y de las longitudes de onda sonora.

#### **2.10.7 Atenuación atmosférica.**

La energía siempre se disipa a través de un fluido por transmisión a causa de la conductividad térmica, viscosidad, etc. La tasa de absorción de sonido con la distancia depende de la frecuencia de la fuente de ruido. Varía con la temperatura

y la humedad, pero las variaciones de presión tienen poco efecto. Cuando la temperatura asciende hasta unos 20°C la absorción aumenta, pero por encima de los 25°C la tasa de absorción disminuye.

Para una frecuencia de 1kHz y una temperatura de 10°C, la reducción es aproximadamente de 3dB por kilómetro. La tasa de pérdida es mayor a frecuencias mas altas y con valores mas bajos de humedad relativa. La atenuación atmosférica en general es relativamente pequeña en comparación con otros factores, excepto para las frecuencias altas.

#### **2.10.8 Atenuación debida a las condiciones meteorológicas.**

No existe suficiente información con relación a la atenuación causada por la bruma, la lluvia, la niebla, o la nieve. Se ha mencionado un valor de 0.5dB/km<sup>23</sup> en la niebla. Estos efectos generalmente se ignoran en las predicciones del nivel del ruido. Sin embargo la temperatura variable o las gradientes de velocidad del viento pueden ocasionar variaciones grandes en los niveles del ruido a distancias superiores a 100m de una fuente de ruido.

#### **2.11 Técnicas de control del ruido**

Existen varios métodos para controlar el ruido, estas medidas pueden clasificarse en tres categorías: (1) control del ruido en la fuente, (2) control del ruido en la vía de transmisión y (3) uso de medidas protectoras contra el ruido en el receptor. El método o

---

<sup>23</sup> Ingeniería Ambiental, Gerard Kiely

combinación de ellos que se emplee depende de la magnitud de la reducción del ruido requerida y de las consideraciones económicas y operativas.

#### **2.11.1 Control del ruido en la fuente**

La actuación en la emisión es preferente, ya que el beneficio es general al actuar en la generación del problema, se tratará de atenuar la emisión actuando sobre el proceso por el que se genera el ruido: máquinas menos ruidosas, encapsulamientos, etc.

Un método importante para controlar el ruido en la fuente es reducir la amplitud de las fuerzas que dan como resultado la generación del ruido, por ejemplo, mediante el equilibrio de las masas rotatorias o aislando los componentes vibratorios de la fuente.

Otro método es reducir el movimiento de los componentes que vibran; por ejemplo, la vibración de los paneles puede reducirse aplicando materiales que amortigüen la vibración o alterando las frecuencias de resonancia de los paneles. Los cambios en el procedimiento habitual de funcionamiento también pueden ser una técnica eficaz de control del ruido. Así, algunas fábricas, próximas a zonas residenciales, suspenden o reducen operaciones ruidosas durante la noche.

### 2.11.2 Control del ruido en la vía de transmisión

Otra técnica general de reducción del ruido es la de controlar la vía de transmisión para reducir la energía comunicada al receptor. Esto puede lograrse de varias maneras:

**Emplazamiento.** Al aire libre, la atenuación máxima se consigue aumentando, en la medida de lo posible, la distancia entre la fuente y el receptor. Dado que muchas fuentes de ruido no irradian uniformemente en todas direcciones, la alteración relativa de la orientación de la fuente y el receptor puede originar una considerable reducción del ruido en este último.

**Barreras.** Las barreras al aire libre pueden ser eficaces cuando son de gran tamaño.

**Cerramientos.** El uso de un cerramiento alrededor de una fuente de ruido o del receptor puede aportar una atenuación considerable.

**Absorción.** Una de las formas más eficaces para atenuar el ruido en su vía de transmisión es mediante la absorción. Imagine que varias máquinas funcionan en una oficina grande. La mayoría del ruido de estas fuentes que llega a los trabajadores del lado opuesto de la habitación ha sido reflejado por el techo, las paredes y el suelo.



Por tanto, el uso de la absorción del sonido por medio de la instalación de materiales acústicos sobre el techo logra la atenuación en la vía entre la fuente y el receptor.

Esta absorción también reduce el nivel de sonido que llega a los trabajadores después de las múltiples reflexiones sobre las paredes, techo y suelo. Si el ruido se comunica a través de un conducto de ventilación, se puede obtener la atenuación a lo largo de esta vía por medio de un revestimiento absorbente.

**Desajuste.** Puede impedirse el flujo de energía acústica a través de la vía, desde la fuente hasta el receptor, mediante discontinuidades que reflejen la energía hacia la fuente.

### **2.11.3 Medidas protectoras en el receptor**

Allí donde el nivel de ruido es excesivo para el receptor pueden emplearse las siguientes técnicas de control:

**Aparatos de protección del oído.** Tapones, auriculares y cascos constituyen medios económicos para reducir la exposición al ruido de los trabajadores industriales.

**Cabinas.** En muchos casos no resulta práctico o económico reducir el nivel de ruido al que el trabajador está expuesto; entonces es mejor proveerle de una cabina o cerramiento parcial.

**Programas de conservación de la audición y formación.** La formación es un componente importante de estos programas. En algunas ciudades donde el ruido ha sido un problema serio, tanto las industrias como las instancias gubernamentales han mejorado sus relaciones con la comunidad interesándose por su problema de ruido y mostrándole los pasos constructivos que se han seguido para minimizar la molestia.

**Control de la exposición.** Bajo determinadas circunstancias, no es factible reducir los niveles de ruido extremadamente intensos en áreas donde la gente tiene que trabajar, hasta niveles considerados aceptables para el período laboral habitual.

Un nivel de ruido que no es aceptable para un período de tiempo específico, puede resultar aceptable durante un período de tiempo menor. Por tanto, una técnica de control del ruido es la rotación del personal, de manera que las asignaciones de trabajo en áreas de ruido intenso lo sean para un período de tiempo limitado.

