

### Sonido: Nociones básicas N° 3

Hasta el momento nos dedicamos sólo a analizar ciertos axiomas de la Ingeniería de Sonido, pero no sabemos en forma abstracta cuál es el fin de la disciplina o los objetivos posibles de alcanzar (incluidas las limitaciones) mediante su aplicación.

Básicamente podemos afirmar que en la gran mayoría de los casos se busca resolver algunos de los siguientes problemas:

- Poca **inteligibilidad** de la palabra hablada.
- Poca **claridad** de la música reproducida (en vivo o pregrabada).
- Reducir los **ruidos molestos trascendentes**.
- **Grabación** de sonidos.

La **Inteligibilidad** es la propiedad que posee un mensaje por la cual puede ser entendido en mayor o menor medida por un Receptor. Inicialmente se definió como cantidad de palabras entendidas por un auditorio dada una cantidad total de palabras emitidas por un locutor. Posteriores análisis permitieron definir más objetivamente este parámetro y su vulnerabilidad.

La misma se ve afectada por:

- La *relación Señal a Ruido* existente en el recinto.
- El *Tiempo de Reverberación* del recinto (RT60).
- La *distancia* entre el Receptor y la Fuente.
- Fuentes múltiples *mal alineadas* (generan lóbulos de radiación no esperados y excitan paredes que generan un mayor RT60).
- *Reflexiones muy cercanas* (de diferencia de trayecto menor a 0,3m) a la fuente.
- *Reflexiones lejanas* (>100ms), distinguibles como de "gran energía" respecto de su entorno temporal.
- Fuentes de *bajo Q – directividad* - (cuando se precisa un alto Q).

Las condiciones que más atentan la inteligibilidad de la palabra son la **S/N** y el **RT60** debido a que provocan la *pérdida de la profundidad de la modulación en amplitud* del mensaje hablado.

La **S/N** es función del ruido de fondo natural de un ambiente más el ruido de fondo que introduzca el sistema electrónico del refuerzo sonoro (si es que existe). Este último está compuesto mayoritariamente por el ruido térmico que amplifican las etapas activas, por malos diseños de líneas de masas internas en los circuitos impresos y por las fuentes de ruido a que equivalen las corrientes entre los distintos chasis (con líneas desbalanceadas y balanceadas *reales*).

La **RT60** que deteriora la inteligibilidad es aquella predecible mediante las ecuaciones de Sabine, por lo que si el recinto en cuestión es de reducido tamaño o de tiempo reverberación muy corto, *no* se cumplen los modelos estadísticos. En estos casos la RT60 no reducirá la inteligibilidad pero quizás sí lo hagan algunas reflexiones discretas.

Aquí se ven involucrados básicamente dos parámetros objetivos (de una magnitud subjetiva):

El *Speech Transmission Index* o STI y la *Articulation Loss* (Pérdida de Articulación de consonantes) o %AL.

La medición de estos parámetros no es simple ni rápida pero estudios posteriores lograron acortar el tiempo de medición del STI. El nuevo método es el Rapid STI (RaSTI), no menos complejo conceptualmente respecto de sus antecesores.

La **Claridad** musical es un parámetro subjetivo de muy difícil cuantificación y variada definición (algunos científicos la definen a los 35ms, otros a los 50ms y otros a los 80ms).

Claridad 80ms:

$C_{80} [dB] = 10 \log \left( \frac{E_{80}}{E_{\infty} - E_{80}} \right)$ , siendo  $E$  la integral de energía desde  $t=0$  hasta el tiempo establecido en la anterior definición.

Independientemente de cuál se use el concepto y de cómo lo llamemos es cuán entendible es una señal sonora musical dada una audiencia y es imprescindible, para su análisis y modelización acústica del recinto, apoyarse en la *Psicoacústica*.

El sonido percibido (según una teoría que comparto) posee tres instancias temporales: la de *Percepción*, la de *Reconocimiento* y la de *Evaluación* de la señal sonora. En base a esta modelización se pueden definir (no muy precisamente) tres intervalos de tiempo desde la emisión del sonido hasta que el mismo toma el carácter de *estacionario*. Dentro de estos intervalos ubicamos las "early early reflections", "early reflections" y "late reflections".

De esta forma un diseño acústico puede contribuir o no a alguna (o todas) de las tres etapas anteriores mediante el control de las reflexiones sonoras, tipos de fuentes, ubicación de las fuentes, etc., haciendo más o menos placentera la escucha, si ese fuera el objetivo.

La **Trascendencia de ruidos** es aquel comportamiento físico que presentan los materiales por el cual tienen distintos grados de "transparencia sonora" en función de la frecuencia (creo más comprensible la idea si utilizamos el concepto de *transparencia* del sentido de visión).

En una situación de máxima simplificación, la magnitud que expresa el grado de aislación (concepto complementario de transparencia) es la *Transmission Loss*, TL, de una partición o pared. Su unidad es el decibel y se define matemáticamente como:

$TL = 10 \log \left( \frac{1}{\alpha_t} \right)$ , siendo  $\alpha_t$  el *coeficiente de transmisión acústica* de una pared.

$$\alpha_t = \frac{\text{Energía reflejada}}{\text{Energía incidente}}$$

La *Transmission Loss* es función de la frecuencia de la fuente y de la **masa** de la pared, por lo que a bajas frecuencias **siempre** habrá menos aislación sonora respecto de las altas frecuencias. La ley que refleja este comportamiento es la *Ley de Masas*.

... No hay recetas mágicas: para la aislación de las bajas frecuencias tenemos dos opciones: utilizar *mucha* masa o consumir *mucho* espacio.

En un mayor grado de realidad los *trayectos sonoros* se pueden dividir en *primarios* y *secundarios*, siendo los primeros los enfrentados directamente con la fuente, mientras que los segundos son aquellos que no lo están. El ruido trascendente será entonces la suma de la energía a través de ambos tipos de trayectos. En los *casos críticos* el colocar aislación sonora sólo en el trayecto primario no soluciona el problema y sólo trae más frustración.

Entonces dada una fuente sonora será necesario evitar su trascendencia hasta cierto punto (cierto Nivel de Presión Sonora). Dicho límite está impuesto por, si existe un vecino agraviado por ello, las normas vigentes y por las autoridades de la Ciudad o Sección Cívica y, si afecta nuestra actividad profesional, privada, etc, nuestro sentido común y conocimiento.

Hasta ahora parece que habláramos sólo de Acústica, pero tengamos en cuenta que estamos incorporando transductores electroacústicos permanentemente, y con ellos amplificadores, pre-amplificadores, cables, sistemas de masa y tierra, etc, o sea, Audio. Además, hablar, analizar, teorizar o invertir (\$\$) en uno sin el otro es un incompleto constante, o sea siempre faltará trabajar sobre el complemento. Por ejemplo al invertir 100000 dólares en equipamiento de Audio y 500 dólares en Acústica dicho sistema "sonará" como de 500 dólares. Ídem viceversa.

La cuarta opción implica el uso de las tres primeras más el almacenamiento de los datos o señales. Este almacenamiento puede ser analógico (*continuo*) o digital (*discreto*). Ambos métodos son

intrínsecamente *alineales* por lo que introducirán distorsión. Recordemos que podemos afirmar que un dispositivo es lineal si su *transferencia* es una recta, cualquiera sea la pendiente.

Los puntos anteriores deben ser apoyados con **Metrología**, lo que no es ni poco ni fácil y es toda otra disciplina. El problema de este ítem se centra en "Qué preciso saber?", "Comprendo el proceso físico?", "Qué le pregunto al sistema?" y "Cómo se lo pregunto?", además de conocer el funcionamiento de cada instrumento de medición y sus errores intrínsecos.

Todo proceso metrológico no debe afectar el normal funcionamiento del dispositivo a medir, o sea *no debe cargar el sistema*, por lo que si así fuere se estarían introduciendo *errores sistemáticos* en la medición. Es aquí donde se aplican los conceptos de la **Teoría de Errores**.

---

---

Ing. Alejandro Bidondo  
[www.ingeneriadesonido.com](http://www.ingeneriadesonido.com)