

## Acústica Arquitectónica: El Tiempo de Reverberación

Para la gran generalidad de los diseñadores acústicos clásicos el tiempo de reverberación (RT60) es uno de los parámetros determinantes de la calidad del recinto en cuestión, por no decir "el *parámetro acústico*" por excelencia. Es más, en varias bibliografías tradicionales están tabulados ciertos rangos de valores sugeridos como convenientes para cada uso particular, hecho que afirmaría lo anterior.

Antes de replantear los conceptos recordemos la definición clásica del RT60: "Es el tiempo que tarda en atenuarse 60dB un sonido dentro de un recinto luego de que la fuente sonora haya cesado (apagado abruptamente) su emisión". En general se obvia la segunda parte de la definición la que dice: "dicho valor (el RT60) debe ser medido a una distancia mayor que la distancia crítica (**DC**) de la fuente". Su unidad de medida es el segundo y la cantidad resultante es *sólo uno* de los parámetros acústicos mensurables de un recinto.

Podemos analizar lo definido mediante tres diferentes puntos de vista: 1) la *física de su conformación*, el 2) *análisis de los sistemas* y 3) su *método de medición*.

- 1) Para que se establezca un *campo reverberante* se deben suceder *muchas reflexiones de dirección aleatoria* en una zona o espacio geométrico del recinto.
- 2) Desde otro punto de vista podemos analizar al RT60 como la *memoria* del sistema "recinto", o sea aquella *capacidad de recordar parte de la información existente en su entrada momentos atrás*. Esto significa que conviven dentro del recinto y en un instante dado tanto la información presente como parte de información antigua. Este es el motivo por el cual el RT60 tiende a degenerar la inteligibilidad de la palabra y la claridad musical.
- 3) Analizando su método de medición observamos que dentro del instrumental involucrado se encuentra una *fente sonora* (con un sonido de referencia conocido) o un emisor electroacústico (que debiera ser puntual), un (**uno**) micrófono (que debiera ser *omnidireccional*) y el instrumento de medición propiamente dicho o procesador que calcule el RT60 del recinto que contiene al micrófono y al emisor.

Una conclusión directa derivada de lo anterior es que el parámetro mensurado es **monofónico**.

Pero, ..., si el Ser Humano posee dos oídos entonces ¿No deberían existir parámetros estéreo? o ¿El RT60 medido anteriormente presenta realmente una cuantificación de la calidad de audición (o de percepción) de sonidos dentro de los recintos?.

Entonces, ¿Para qué sirve el RT60?, ¿Es un parámetro fundamental de diseño acústico?, y finalmente ¿Qué características debe tener una instalación electroacústica?

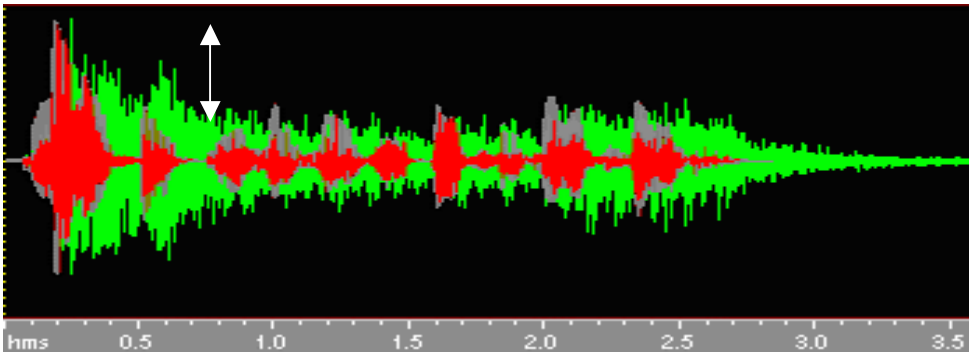
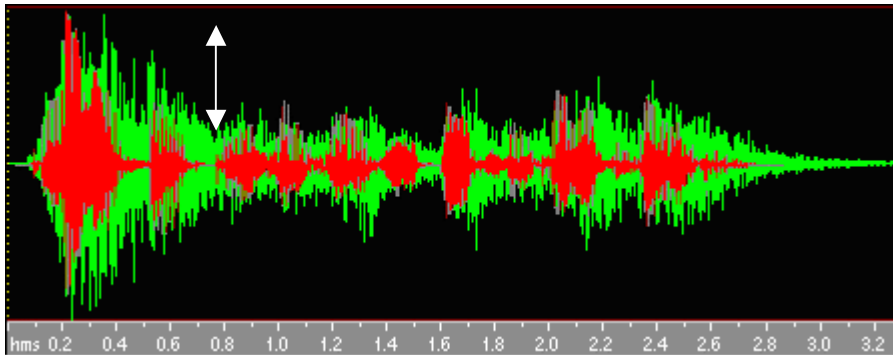
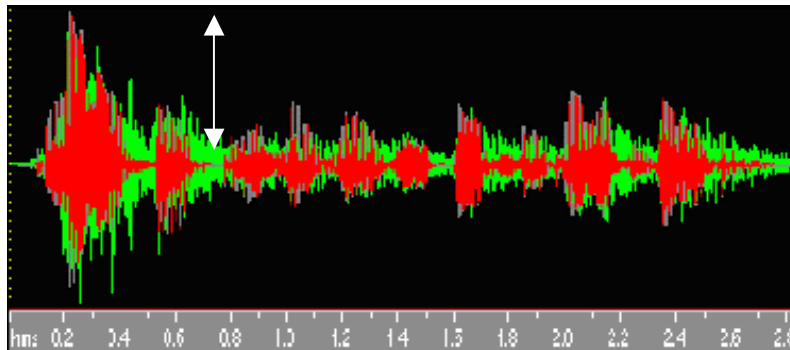
Comencemos por analizar un parámetro perceptual: la **inteligibilidad**.

La definición clásica (y primigenia) de la **inteligibilidad** es aquella relación entre palabras entendidas por una audiencia respecto de la totalidad de las palabras emitidas por un interlocutor dentro de un recinto.

Las variables (primarias) que más afectan la **inteligibilidad** de un mensaje cualquiera dado un recinto son la *Fuente* (ancho de banda y relación S/N (electrónica)), la *relación sonido directo / reverberante* (en otras palabras, la

ubicación del oyente dentro de la sala), el *Tiempo de Reverberación*, las *Reflexiones de gran magnitud (ecos)*, el *Ruido de Fondo*, el *ritmo de entrega de "mensajes"* (en el caso de "busca personas") y la *atención del oyente*.

De todos estos los parámetros aquellos sobre los cuales podemos influir primeramente los diseñadores acústicos son: el ruido presente en el lugar (**S/N**), y el **RT60** existente. Si las reflexiones de gran intensidad las suponemos controladas, la ubicación que elige finalmente el oyente y su atención ya no dependen de nosotros y sólo podemos redactar un procedimiento para el "voceo" eficaz de mensajes.



En las anteriores figuras nótese en color rojo la señal *anecoica* y en color verde la señal agregada por la reverberación. También podemos observar como a mayor RT60 se reduce la "relación señal a ruido" (**S/N**), "profundidad" o "índice de modulación" (parafraseando la disciplina del *broadcasting*) que el mensaje posee respecto de su versión *anecoica*.

De aquí podemos deducir la utilidad de conocer el valor del RT60 existente dentro de un recinto donde la fuente es la palabra hablada: conocer *a priori* y en forma

aproximada qué inteligibilidad brindará dicho recinto y así saber si está diseñado para conciertos clásicos o para representación de obras teatrales (valga la dicotomía de los ejemplos). Pero esto es sólo eso, una *aproximación grosera*, porque podemos conocer a ciencia cierta una cuantificación de la misma efectuando una medición directa mediante los métodos **S.T.I.** (Speech Transmisión Index), **Ra.S.T.I.** (Rapid S.T.I.), **%A.L.**, **S.I.I.** (Speech Intelligibility Index) o mediante la **M.T.F.** del recinto (*Modulation Transfer Function*), siempre medido esto en un punto del mismo.

De esto podemos obtener más conclusiones:

- La medición de la Inteligibilidad de un recinto no se realiza en sólo un punto físico. Al mismo se lo debe "mapear".
- La RT60 existente en un recinto no es constante en función del punto de medición dentro del mismo, menos aún si pensamos en un desarrollo en frecuencias de la misma y en el volumen acústico que presenta el lugar.
- La reverberación afecta negativamente la comprensión de los mensajes hablados porque reduce la profundidad o índice de modulación de los mismos (considerando la transmisión del mensaje como una modulación de amplitud) debido a su característica intrínseca de ser la *memoria* del recinto.
- Así como existe un parámetro que determina el entendimiento de un discurso hablado también existe un equivalente para la música, la **claridad musical**.
- El RT60 **no** brinda información sobre la *calidad de las reflexiones que introduce el recinto*. **La calidad de las mismas se refleja en el resultado de una medición estereofónica que determina su grado de decorrelación. Éste será entonces una medida de la estereofonía que genera la sala, parámetro decisivo en una calificación acerca de su calidad. Cabe aclarar que el sentido de "calidad" expresado aquí se refiere al enriquecimiento (o detrimento) provisto por la sala al programa sonoro reproducido dentro de ella al agregarle reflexiones.**
- A través del nuevo modelo de audición del Dr. Yoichi Ando, podemos afirmar que aquellos parámetros que intervienen en la inteligibilidad de la palabra (o claridad musical) son el *nivel sonoro de la fuente*, el *Tiempo de Reverberación*, el *nivel de ruido* existente, el **IACC** (grado de decorrelación binaural de reflexiones) y el **ITDG** (Initial Time Delay Gap) que presente la respuesta al impulso del sistema.
- Es conveniente diseñar acústicamente un recinto no sólo para obtener un RT60 monoaural sino también para obtener cierto grado de Difusividad, el cual es mensurable a través del parámetro **SFD** (*Sound Field Difussivity*).

Mientras una instalación electroacústica debería garantizar *inteligibilidad, claridad* o por lo menos *no reducirla más de lo que ya lo puede hacer el recinto* (inyectando reverberación artificial, delays, no previendo la cantidad de gente presente durante un show, desconociendo el RT60 de la Sala, realizando una mala distribución de altavoces, etc.), un buen diseño acústico debería proveer:

- 1) Apropiaada inteligibilidad y/o claridad mediante un RT60 elegido (y finalmente obtenido).
- 2) Calidad acústica para la reproducción sonora (enriquecimiento del sonido) mediante:
  - El control de los modos de resonancia (en caso de ser necesario analizando previamente el *Volumen Acústico* de la sala).
  - La equalización del RT60.

- El *control y distribución* (temporal, en frecuencias y espacial) de las *reflexiones*.
- La *difusión*.

Todo lo anterior en función de la ubicación de la fuente sonora y de los oyentes.

Será imprescindible entonces tener muy en claro la diferencia entre *inteligibilidad y calidad en las reflexiones* y volumen acústico de los recintos para entonces utilizar las magnitudes, las herramientas de proyecto y los modelos acústicos adecuados.

**Ing. Alejandro Bidondo**  
[www.ingeneriadesonido.com](http://www.ingeneriadesonido.com)  
[abidondo@ingeneriadesonido.com](mailto:abidondo@ingeneriadesonido.com)