

## Cálculo del tiempo de reverberación a partir del índice RASTI

A. Reche Cano, J. Villalba Mezquita, C. de Castro Carranza, E. Gaite Domínguez.

Departamento de Física Aplicada II (E.U.P. de Valladolid)  
Francisco Mendizabal, 1  
47014 Valladolid

### INTRODUCCION

Con el fin de ver la relación existente entre los índices de reducción de la modulación obtenidos por el método RASTI y el tiempo de reverberación, se realizaron medidas de inteligibilidad mediante este método en 42 localidades del Salón de Actos de la Escuela Universitaria Politécnica de Valladolid. Estas medidas se llevaron a cabo utilizando el medidor de inteligibilidad Brüel & Kjaer Tipo 3361.

A partir de estas medidas y mediante el método de Houtgast & Steeneken se halla el tiempo de reverberación en cada uno de los puntos de la sala y se comparan con los obtenidos directamente con el sonómetro B & K Tipo 2231.

### OBTENCION DEL TIEMPO DE REVERBERACION A PARTIR DE LOS INDICES DE REDUCCION DE LA MODULACION

#### El Método De Houtgast & Steeneken

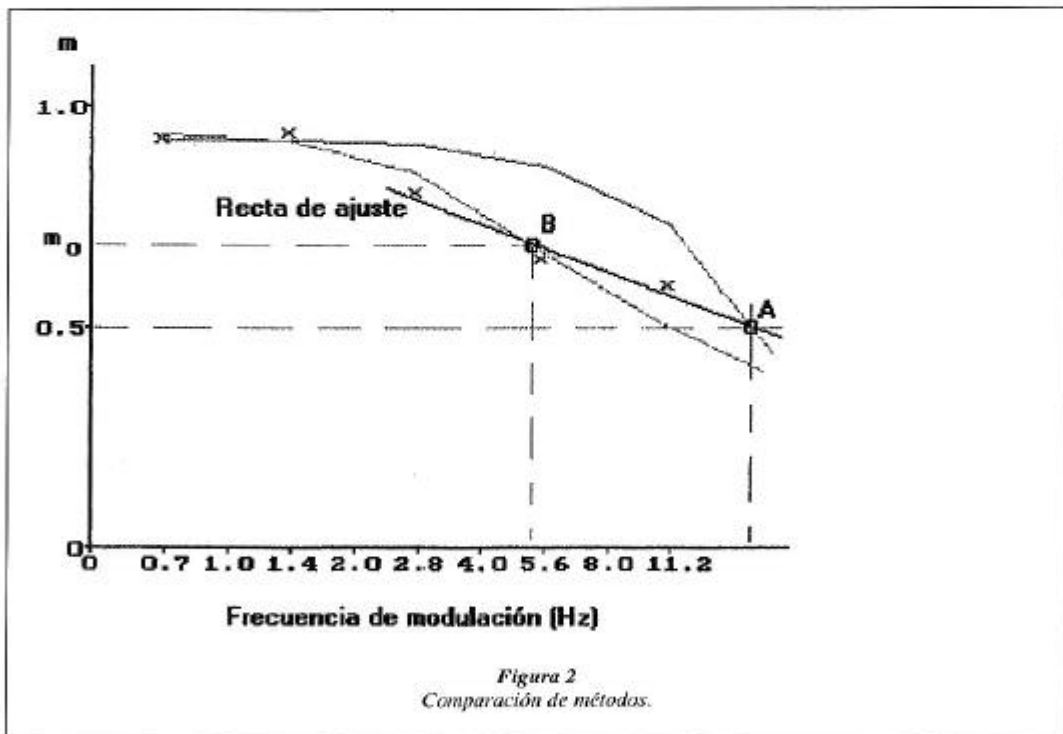
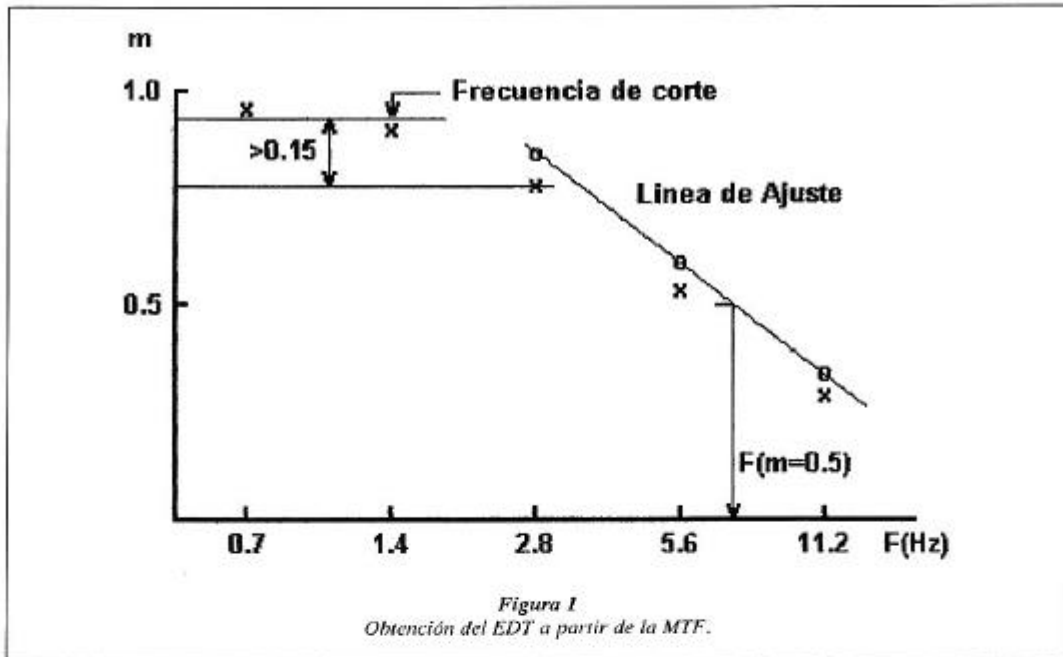
Los investigadores T. Houtgast y H.J.M. Steeneken describen en el artículo *RASTI: A Tool for evaluating auditoria*, un método que permite obtener a partir de los índices de reducción de la modulación unos valores aproximados de la relación señal ruido y del tiempo de reverberación (EDT).

Este método se basa en el estudio de la Función de Transferencia de Modulación (MTF), la cual viene determinada por la siguiente expresión:

$$m(F) = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{2 \pi FT}{13,8}\right)^2}} \frac{1}{1 + 10^{-\frac{S1}{N10}}}$$

La curva que corresponde a esta ecuación se aproxima a un filtro paso bajo, siendo su espectro plano para bajas frecuencias, y con una caída exponencial para frecuencias mayores. Teniendo en cuenta que a bajas frecuencias el factor que más influye en la MTF es la relación señal ruido, y que para altas frecuencias el factor predominante es el tiempo de reverberación, el método de Houtgast & Steeneken se basa en el estudio por separado de ambas zonas del espectro. Los pasos que sigue este método se describen brevemente a continuación, y pueden observarse en la figura 1:

- 1.- Obtención de la frecuencia de corte.
- 2.- Cálculo de la relación señal-ruido, a partir del valor de m promediado para baja frecuencia.
- 3.- Corrección de la MTF por un factor 1/m.
- 4.- Obtención de la recta de ajuste para alta frecuencia.
- 5.- Cálculo del tiempo de reverberación, hallando el valor de F para m = 0.5 y sustituyendo en la ecuación de la MTF.



### Mejora Del Método

El método descrito trata de obtener un par de valores de relación señal ruido y tiempo de reverberación que deriven en una MTF que se ajuste lo más posible a la original. Para el cálculo del EDT se hace pasar la MTF por el punto de la recta de ajuste de ordenada  $m=0.5$ . En el caso en que este punto este situado dentro del rango de valores de  $m$  utilizados a la hora de confeccionar la recta de ajuste, podremos asegurar que la nueva MTF será muy parecida a la original. Sin embargo, si este punto cae fuera del mencionado rango, la variación de la nueva MTF respecto de la original puede ser considerable.

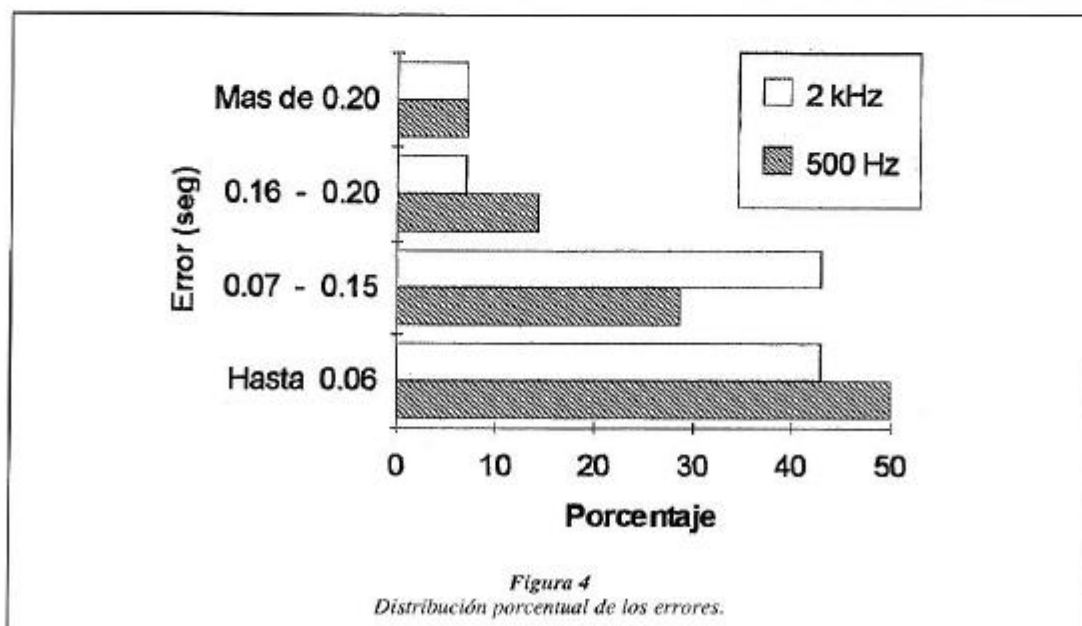
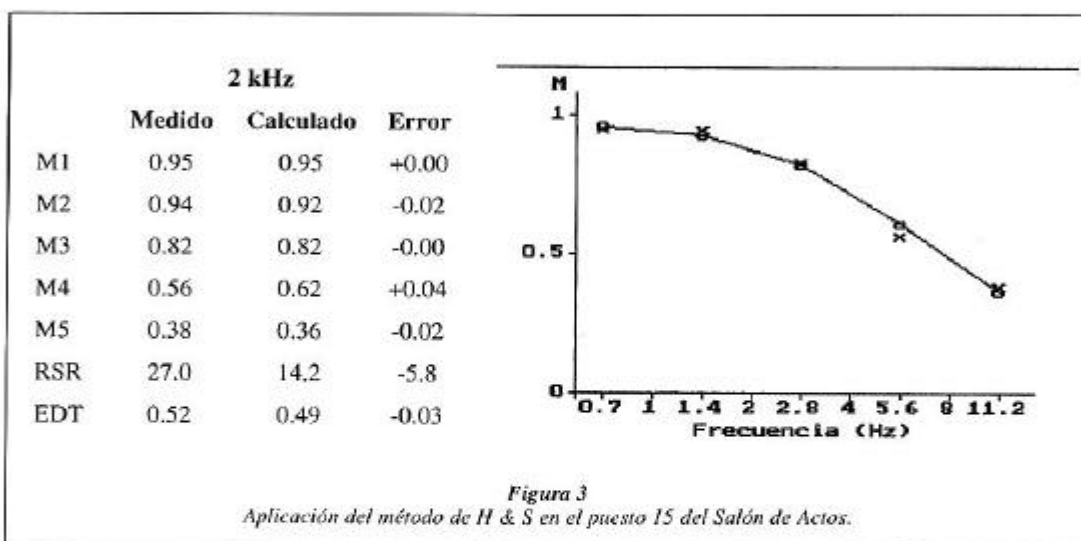
Para solucionar este problema hemos variado la parte del método referente a la obtención del EDT, de forma que en vez de hacer pasar la MTF por el punto de ordenada  $m=0.5$  hemos tomado el punto medio dentro del rango de valores de  $m$  utilizados para la obtención de la recta de ajuste. De esta forma se asegura que para altas frecuencias la nueva MTF está siempre muy próxima a la original.

En la fig. 2 puede observarse cómo mejora la aproximación obtenida de la MTF cuando se utiliza la mejora propuesta (caso B). En este caso se puede ver cómo la nueva MTF se ajusta más a los valores de  $m$  originales que la MTF obtenida usando el punto  $m=0.5$  para el cálculo del EDT (caso A).

Esta mejora se debe a que en el caso B se ha hecho pasar la nueva MTF por un punto cercano a los valores de  $m$  originales, cosa que no sucedía al utilizar el punto A para la aproximación.

### RESULTADOS OBTENIDOS

Vamos a ver a continuación los resultados obtenidos en el Salón de Actos de la E.U.P. a la hora de aplicar el método de Houtgast & Steeneken (con y sin mejora), a fin de verificar la validez del mismo. El estudio se realizó a partir de la comparación de los valores de EDT obtenidos por dicho método, con los valores de EDT obtenidos directamente mediante el sonómetro.



Para ello se utilizó un programa de creación propia, llamado Rasti, que entre otras utilidades (visualización de MTFs, cálculo de RASTI a partir de medidas de S/N y EDT realizadas con el sonómetro, confección de curvas de nivel ...) incluye la aplicación del método de Houtgast & Steeneken. Esta utilidad permite observar tanto las MTFs originales como las calculadas, los errores cometidos en cada frecuencia de modulación, y los errores cometidos en el EDT y S/N. La fig. 3 muestra una porción de la pantalla de salida obtenida al aplicar el método de Houtgast & Steeneken en un punto concreto del Salón de Actos.

En este ejemplo puede observarse como la diferencia entre la MTF original y la calculada es muy pequeña, con una variación máxima en los valores de  $m$  de 0.04. Esta diferencia puede apreciarse también observando las curvas, donde los círculos representan la MTF calculada y las cruces marcan la MTF original.

Al comparar los datos reales con los obtenidos por el método de Houtgast & Steeneken original, se obtuvieron unos errores medios de 154 mseg. en la banda de 500 Hz, y de 139 mseg. en la banda de 2 kHz. Aplicando la mejora propuesta, los errores medios por banda resultaron ser de 100 mseg. en la banda de 500 Hz y de 85 mseg. en la banda de 2 kHz.

Los errores obtenidos son aceptables a la hora de realizar un estudio acústico de un local. Si representamos mediante un diagrama de barras la distribución porcentual de los errores, observamos como cerca de la mitad de las medidas comete un error mínimo ( hasta 0,06 seg.), mientras que el número de medidas cuyo error es mayor de 0,20 seg. es muy pequeño.

Estas medidas de mayor error serán fácilmente reconocibles por el operario, ya que corresponden a MTFs irregulares, con valores de  $m$  que no corresponden a una curva típica, o bien con una fuerte pendiente en baja frecuencia.

#### CONCLUSIONES

Como ha podido observarse, los resultados obtenidos por el método de Houtgast & Steeneken son bastante satisfactorios a la hora de calcular el tiempo de reverberación de un recinto acústico, produciendo un error en las medidas del orden de 100 mseg.

Por otro lado hemos introducido una pequeña variación en el método que permite mejorar en gran medida los resultados obtenidos. Mas concretamente, en las pruebas realizadas en el Salón de Actos de la E.U.P. se ha producido una reducción del error cercana al 35 %, lo que proporciona una mayor fiabilidad si cabe a los resultados obtenidos.

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] RASTI: A Tool For Evaluating Auditoria  
HOUTGAST, T. & STEENEKEN, H.J.M. (1985)  
Brüel & Kjaer Technical, Rew 3.
- [2] INDICE DE INTELIGIBILIDAD EN RECINTOS ACÚSTICOS  
RECHE, A. / VILLALBA, J. (1995)  
Proyecto Fin de Carrera.