

Aplicaciones Prácticas de la Técnica MLS en Medidas de Acústica Arquitectónica

Roberto Borjabad

Norsonic AS

P.O. Box 24, N-3408 Tranby, Noruega. Tel: +47-32858900 Fax: +47-32852208
 (Representado en España por ALAVA INGENIEROS S.A.)

INTRODUCCIÓN

La aplicación del algoritmo *Maximum Length Sequence* (MLS), o secuencia de máxima longitud, al campo de la Acústica Arquitectónica abre posibilidades de medida hasta hace poco inimaginables. Este revolucionario método permite realizar medidas de transmisión sonora en situaciones con alto nivel de ruido de fondo, eliminando la necesidad de utilizar fuentes sonoras de muy alta potencia para conseguir resultados fiables. Existen casos documentados de medidas de tiempos de reverberación realizadas satisfactoriamente en condiciones en las que el nivel de ruido de fondo es tan alto como el nivel de la señal de excitación generada. Otro beneficio notable es la medida de tiempos de reverberación de muy corta duración, entre 5 y 10 veces mas cortos que lo permitido empleando el método convencional. Esta comunicación tiene por objeto comparar la nueva técnica MLS con el método de medida tradicional. Existen numerosas referencias que tratan sobre los fundamentos teóricos en que se basa la técnica MLS.

INSTRUMENTACIÓN

Para realizar el presente estudio comparativo entre el método MLS y el método tradicional se ha empleado el Analizador en Tiempo-Real *Norsonic RTA840* dotado con la extensión MLS, Amplificador de Potencia *Norsonic 235* y Altavoz Dodecahédrico *Norsonic 229*.

TRANSMISIÓN SONORA

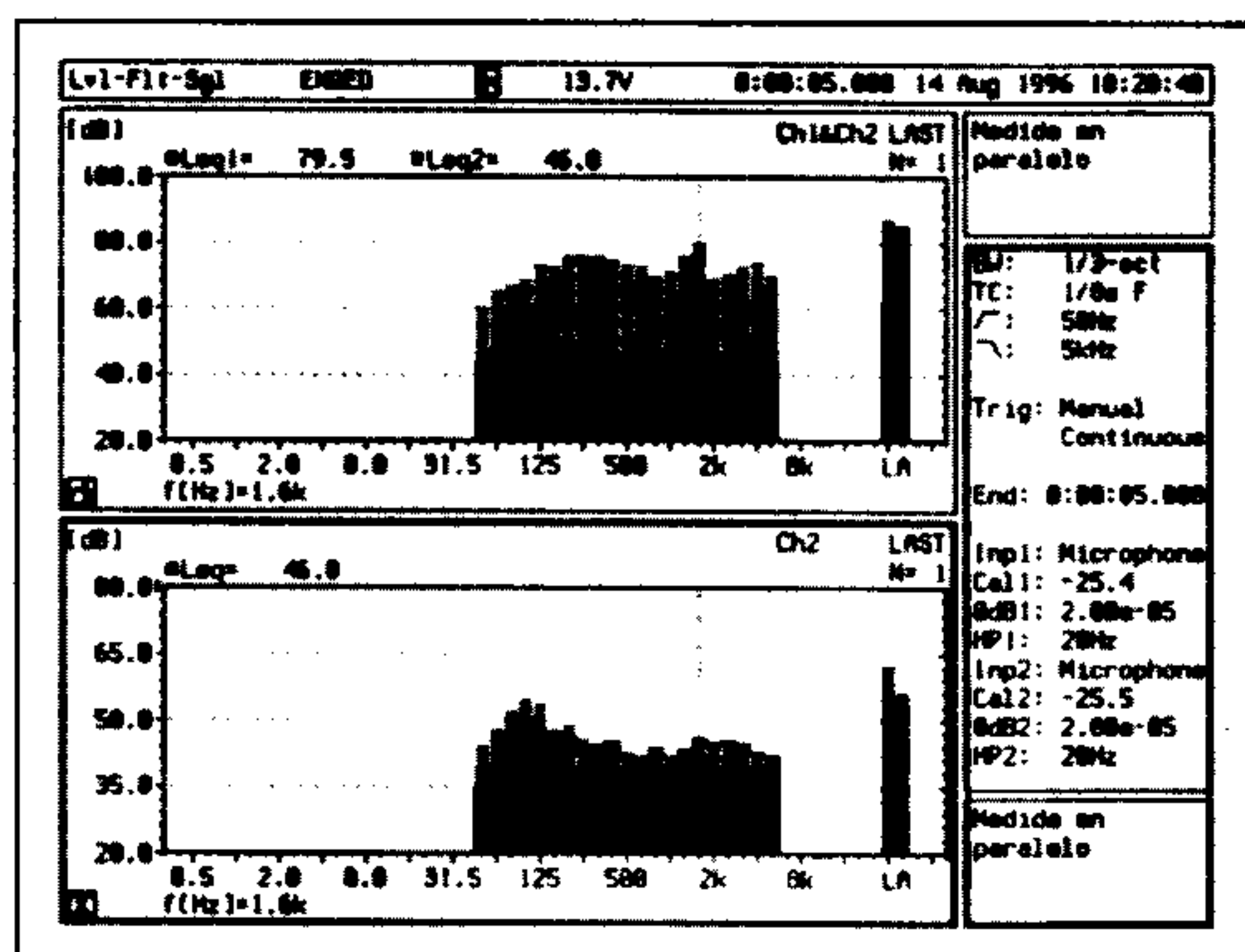
Durante los siguientes ejemplos la medida se realiza en el margen de frecuencia 50 - 5.000 Hz, según se especifica en la nueva serie de normas ISO 140. Por debajo de los 100 Hz, debido a limitaciones en la fuente sonora y al alto ruido de fondo en estas frecuencias, es difícil obtener resultados satisfactorios en la mayoría de los casos prácticos empleando el método tradicional. Igualmente en altas frecuencias, cuando se analizan productos altamente aislantes, resulta a menudo difícil conseguir niveles de señal 10dB por encima del ruido de fondo. Los siguientes ejemplos muestran claramente la mejora introducida al emplear el método de medida MLS. El ruido de fondo en los tres ejemplos siguientes oscila entre 40-50dB en todo el margen de frecuencia.

Ejemplo 1. Ruido en banda ancha y análisis de frecuencia en paralelo

El ruido generado por la fuente sonora produce un nivel de excitación entre 60-80dB en todas las bandas de frecuencia. Estos niveles relativamente bajos son debidos al volumen y al área absorbente de la sala emisora.

La ventana superior muestra superpuestos los niveles medidos en la sala emisora (canal 1) y en la sala receptora (canal 2) cuando la fuente sonora está actuando.

En la ventana inferior se superponen el nivel de ruido de fondo de la sala receptora y el nivel medido en dicha sala cuando la fuente sonora se

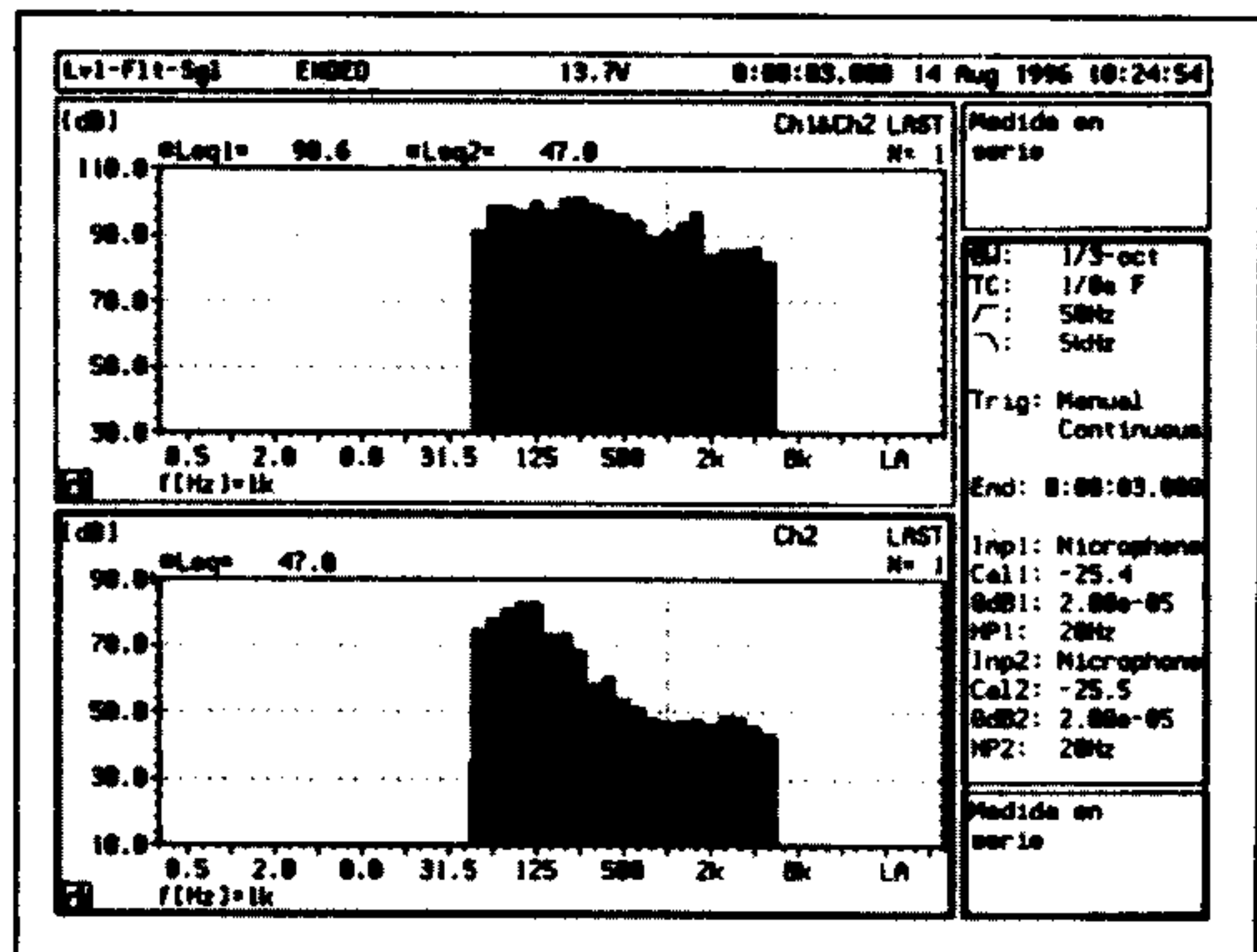


conecta. En esta ventana inferior se observa inmediatamente que los niveles medidos en la sala receptora a medias y altas frecuencias son incorrectos, ya que son enmascarados por el ruido de fondo. El requisito de 10dB de diferencia entre los valores recibidos y el ruido de fondo sólo se cumple en bajas frecuencias, por lo que si los resultados obtenidos en este ejemplo se utilizasen para calcular el índice $R'w$, se obtendría un resultado erróneo de $R'w=18dB$.

Ejemplo 2: Ruido filtrado en 1/3 de octava y análisis frecuencial en serie

Simplemente empleando un filtro en el generador de ruido se incrementan los niveles generados en cada banda de 1/3 de octava. Añadiendo filtros sincronizados en los canales de medida de ambas salas, emisora y receptora, se consigue una mejora en el rango dinámico que hace que se alcance el requisito de los 10dB de relación señal-ruido en las bandas de media frecuencia. Sin embargo, en altas frecuencias, los niveles recibidos de la señal de excitación todavía quedan enmascarados por el ruido de fondo.

Este ejemplo habría proporcionado un valor de $R'w=28dB$, aunque habría sido también incorrecto debido al alto ruido de fondo en altas frecuencias.

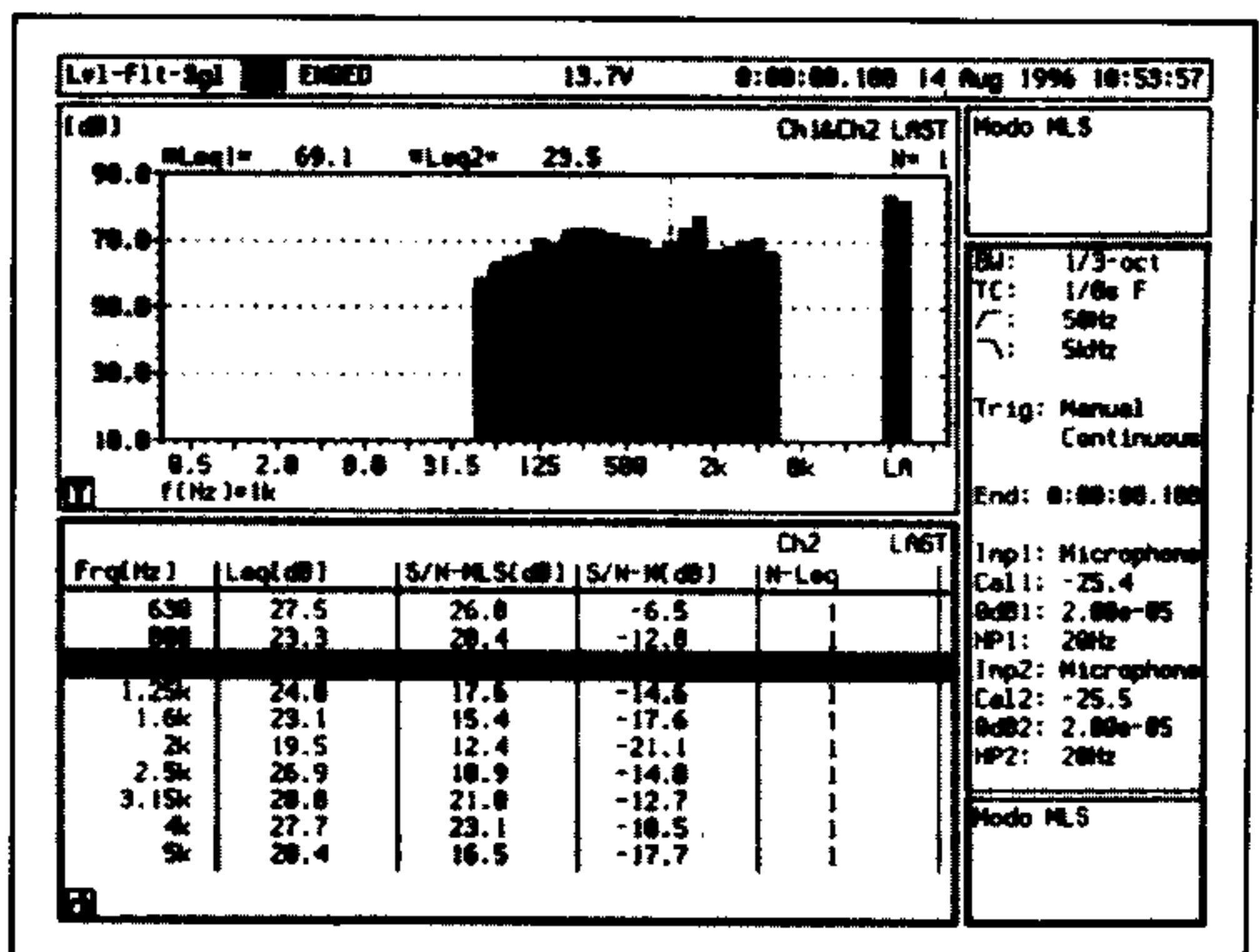


Tanto la medida en paralelo como la medida en serie habrían sido incapaces de dar resultados correctos para una medida aparentemente simple como la descrita en los ejemplos 1 y 2. Sin usar amplificador y altavoces mucho más potentes, habría sido imposible medir el índice $R'w$ correctamente.

Ejemplo 3: Ruido en banda ancha y análisis de frecuencia en paralelo con el modo de medida MLS

Los resultados obtenidos empleando la técnica MLS aparecen representados gráficamente en la ventana superior y numéricamente en la inferior.

La ventana inferior muestra una tabla con la relación señal-ruido obtenida en cada banda de frecuencia, utilizando tanto el método tradicional como la técnica MLS. De esta tabla puede observarse que la condición de los 10dB de diferencia entre el nivel recibido y el nivel de ruido de fondo se cumple para todas las frecuencias. Los resultados correctos dan un valor de $R'w=31dB$, que difiere 13dB del valor calculado en el ejemplo primero y 3dB del valor del segundo ejemplo.



Ha sido necesario realizar 66 promediados MLS, que requieren un tiempo de medida de 9 minutos para conseguir los 10dB de relación señal-ruido en todas las frecuencias.

La técnica MLS ofrece más posibilidades en condiciones adversas, ya que la medida MLS en paralelo puede dividirse en dos o más rangos de frecuencia seleccionados para posteriormente combinarse en una sola medida. Este método permite medir correctamente bajo las condiciones de medida más desfavorables, con ruido de fondo e índices $R'w$ muy altos.

TIEMPO DE REVERBERACIÓN

La técnica MLS es también particularmente útil al medir tiempos de reverberación. Las dificultades que aparecen al medir con alto ruido de fondo o con nivel de excitación insuficiente son drásticamente reducidas al emplear esta nueva técnica. Los tres ejemplos siguientes ilustran este efecto.

Todas las medidas han sido realizados en la misma sala. Debido a sus dimensiones y a su coeficiente de absorción, el amplificador de potencia y el altavoz sólo han sido capaces de generar una señal de ruido de excitación

con un nivel entre 70dB y 80dB, mientras que el nivel de ruido de fondo se situaba entre 40dB y 50dB. Como puede observarse en la gráfica la relación señal-ruido es de 20-25dB. El requisito habitual de relación señal-ruido al realizar una medida de tiempo de reverberación T30 es de 45dB. La medida comienza 5dB por debajo del máximo de la curva de caída, se mide durante los 30dB de caída siguientes y por último se debe dejar 10dB de margen entre este punto y el ruido de fondo. para el cálculo de T20, con una relación señal-ruido de 35dB es suficiente.

Ejemplo 4: Ruido en toda la banda y análisis frecuencial en paralelo

El problema más común es conseguir un nivel de excitación suficientemente grande para todas las bandas de frecuencia simultáneamente. En la ventana superior, la curva de caída medida en la banda de frecuencia de 1kHz muestra que el nivel conseguido por la fuente sonora es de unos 70dB, mientras que el nivel de ruido de fondo es de aproximadamente 45dB. Debido al bajo valor de la relación señal-ruido, el cálculo del valor T30 no es posible, y se indica por medio del signo ?. El valor T20 es calculado para algunas bandas de frecuencia, pero el nivel de ruido es demasiado alto, como indica el signo ?.

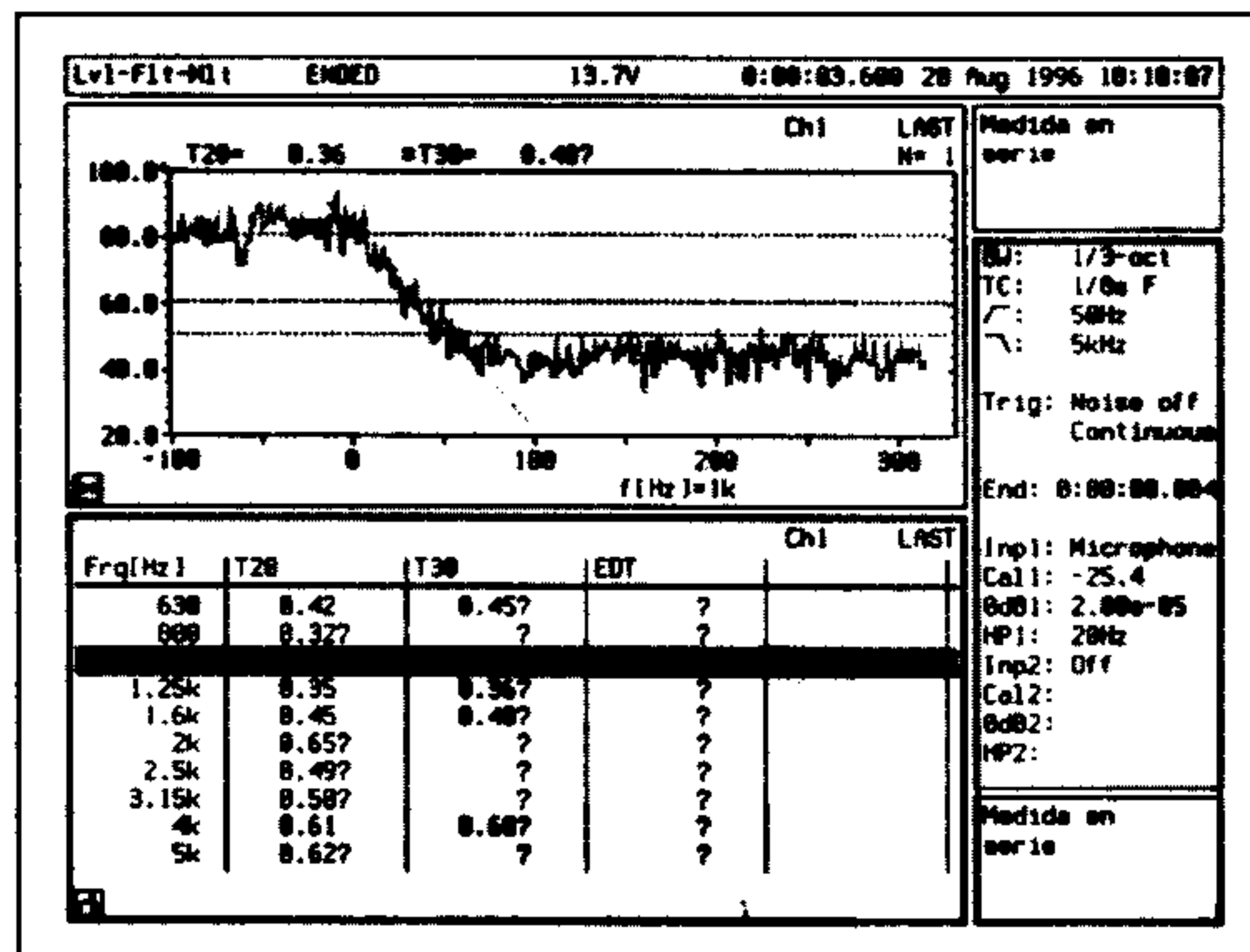
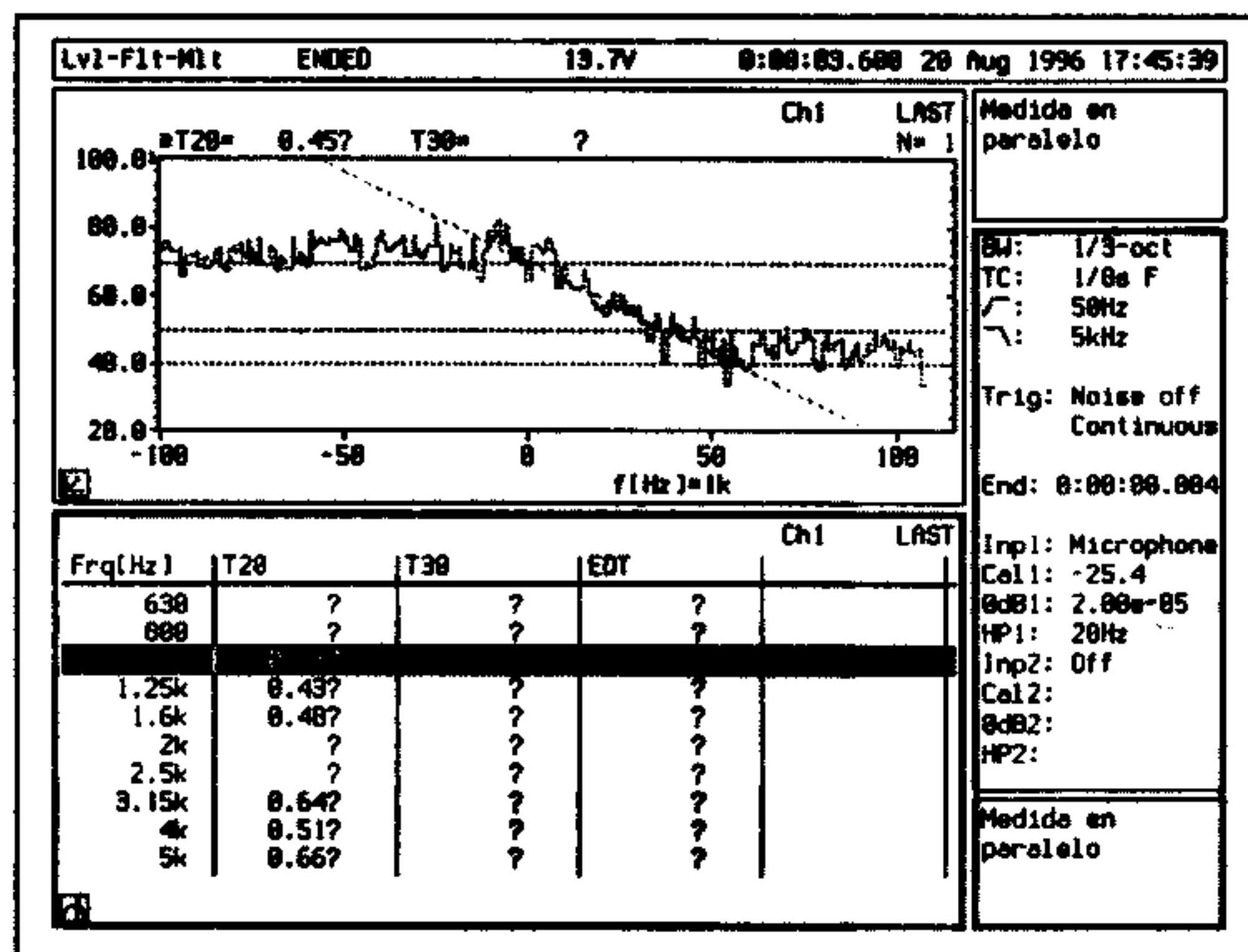
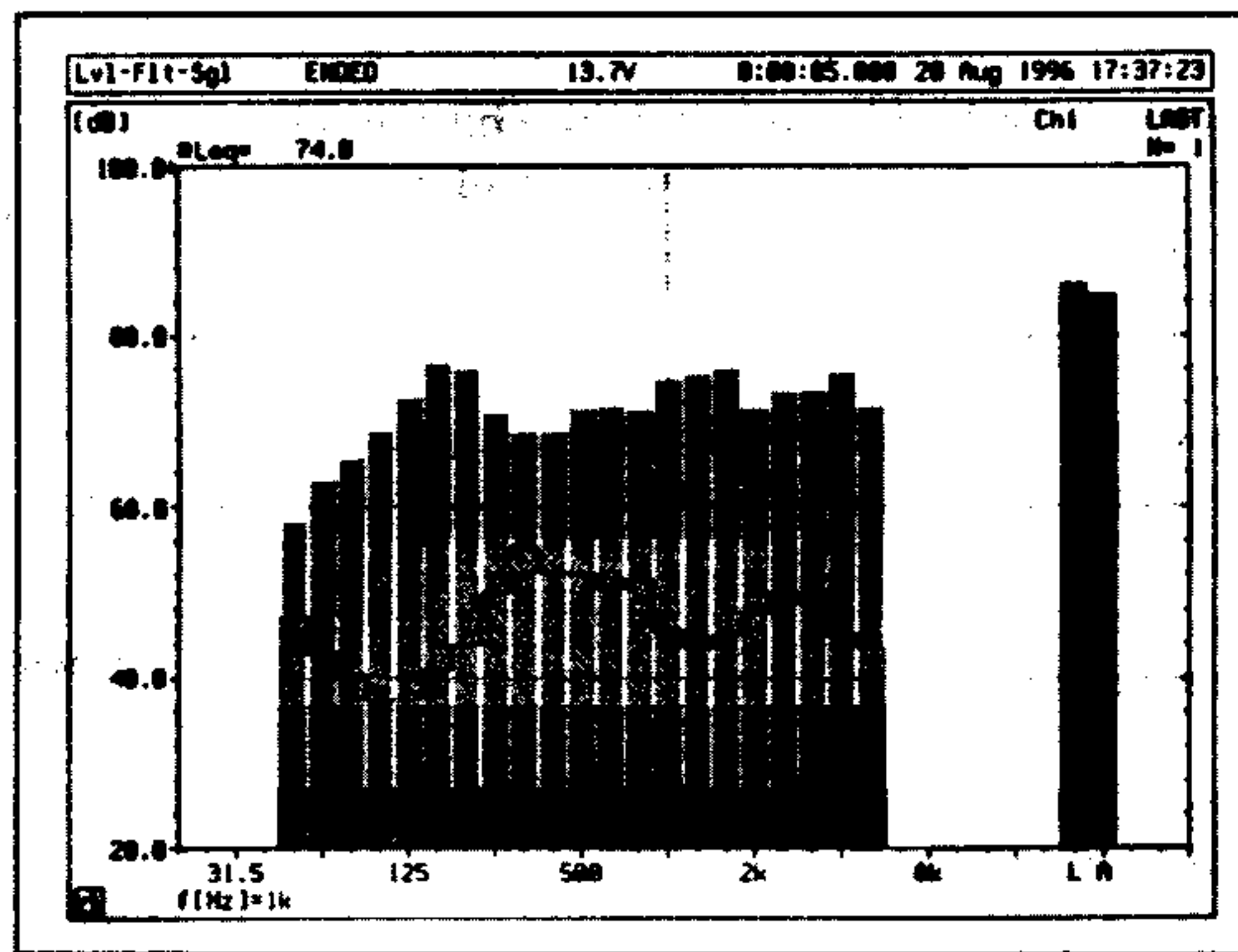
La ventana inferior muestra la tabla con los tiempos de reverberación calculados para el rango superior de frecuencia. Obviamente, la excitación es insuficiente para la mayoría de las bandas de frecuencia y por ello la medida del tiempo de reverberación no puede realizarse bajo estas condiciones. Para poder progresar con éste método de medida sólo cabe incrementar la potencia del amplificador de la fuente sonora o retrasar el proyecto de medida hasta que el nivel de ruido de fondo se vea reducido considerablemente.

Ejemplo 5: Ruido filtrado en 1/3 de octava y análisis de frecuencia en serie.

Empleando un filtro de 1/3 de octava en el generador de ruido los niveles de excitación medidos aumentan. En la ventana superior aparece la curva de caída para la banda de frecuencia de 1kHz, en la que se observa que el nivel de excitación es ahora superior a los 80dB mientras que el nivel de ruido sigue siendo de unos 45dB. Por tanto la relación señal-ruido sigue sin alcanzar los 45dB necesarios para el cálculo correcto de T30. Así el T20 es calculado en esta ocasión correctamente, pero no el T30, que muestra cierto valor seguido por el signo ?.

En la ventana inferior se muestra la tabla con los tiempos de reverberación en el rango de frecuencia superior. Para una buena parte de las bandas de frecuencia el valor T20 aparece correctamente calculado, aunque alguna banda todavía presenta el signo ? indicando un alto ruido de fondo. Sin embargo, es imposible calcular el valor T30 correctamente para ninguna de las bandas.

La conclusión que se obtiene de este método de medida es que los valores T20 podrían ser formados como válidos si se acepta como bueno el alto ruido de fondo de algunas de las bandas. Sin embargo, un ligero aumento en el ruido de fondo haría que incluso los valores T20 fueran inaceptables.

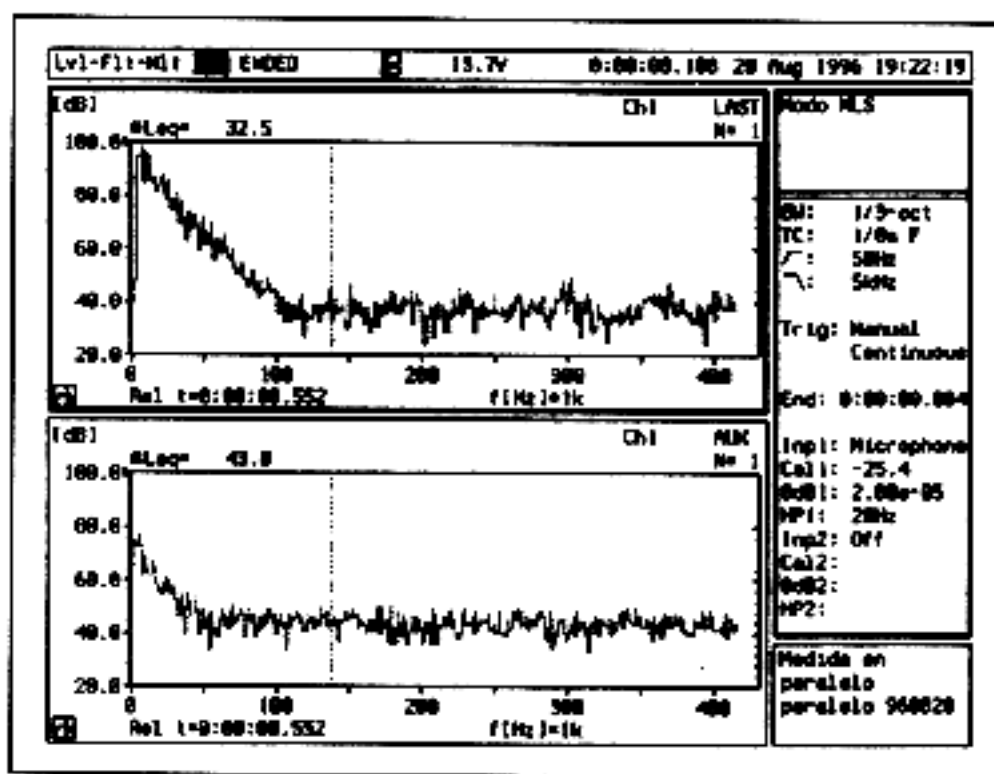
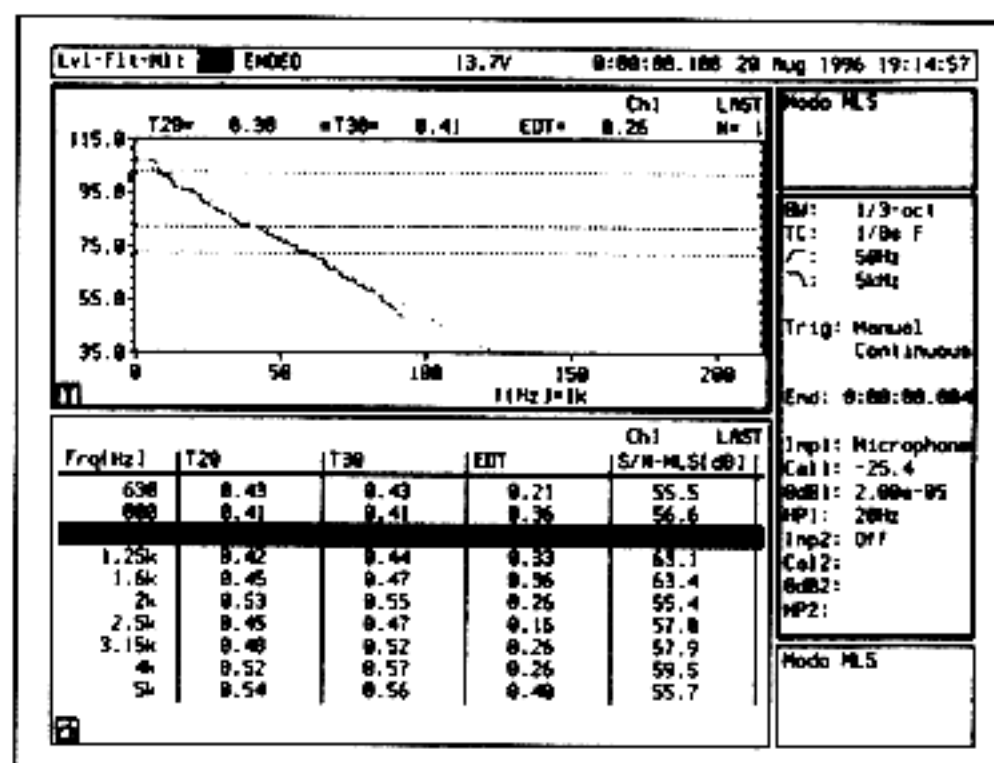


Ejemplo 6: Ruido en banda ancha y análisis de frecuencia en paralelo con el modo de medida MLS

En este ejemplo, el modo MLS se emplea para medir tiempos de reverberación. Para conseguir la condición de relación señal-ruido de 45dB para todas las bandas de frecuencia en el margen 50-5000Hz, ha sido necesario realizar 34 promedios MLS, que requiere un tiempo de medida de cuatro minutos y medio.

En la ventana superior, se muestra la curva de caída calculada según el método de integración inversa junto con la línea recta que indica el valor del tiempo de reverberación calculado para la banda de 1kHz. Esta información está disponible para cada banda de frecuencia. Los valores T20, T30 y EDT (*Early Decay Time*) son medidos correctamente, aunque el ruido de fondo en la sala era tan alto en este ejemplo como en los dos anteriores.

En la ventana inferior, la tabla muestra que todos los valores son calculados correctamente para todas las bandas de frecuencia. La relación señal-ruido para cada banda que aparece en la columna de la derecha muestra claramente que la técnica MLS habría funcionado incluso con un ruido de fondo más alto, ya que la relación señal-ruido medida excede los 45dB necesarios en más de 10-15dB.



El efecto del modo MLS a la hora de realizar medidas de tiempo de reverberación puede ilustrarse por medio de la comparación de la caída medida empleando el método tradicional, como en el ejemplo 4, con la caída medida utilizando el método MLS del ejemplo 6. La ventana inferior refleja la pequeña diferencia entre el nivel de excitación (unos 70dB) y el ruido de fondo (aproximadamente 45dB) usando el método tradicional. En la ventana superior, el espectacular aumento en el nivel de excitación calculado (unos 95dB) combinado con el mucho más bajo nivel de ruido calculado (aproximadamente 35dB), muestra claramente la ventaja que el nuevo método MLS introduce.

CONCLUSIÓN

De los ejemplos previos puede concluirse que el nuevo método MLS es una herramienta mucho más potente en el campo de la instrumentación de medida de acústica arquitectónica que el método tradicional. El inconveniente en la utilización de este modo es el hecho de que se requiere un mayor tiempo de medida que con el método tradicional, aunque éste bien podría considerarse como un mal menor si se tiene en cuenta que la alternativa habría sido no obtener ningún resultado válido.

REFERENCIAS

- 1 J. Borish y J.B. Angell, "An Efficient Algorithm for Measuring the Impulse Response Using Pseudorandom Noise", J. Audio Eng. Soc., Vol31, No. 7, páginas 478-488 (Julio/Agosto 1983).
- 2 M. Vorländer y H. Bietz, "Comparison of Methods for Measuring Reverberation Time", Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Braunschweig, Alemania.
- 3 O.H. Bjor y B. Winsvold, "Deterministic Excitation Signals Reduces Statistical Spread and Extraneous Noise Contamination in Sound Transmission Measurements", Comunicación Inter-Noise 94, páginas 1469-1474.
- 4 ISO 140: Measurement of sound insulation in building and os bulding elements.