

## ANALYSIS METHODS FOR AUDIO PREAMPLIFIERS

# MÉTODOS DE ANÁLISIS PARA PREAMPLIFICADORES DE AUDIO

Andrés F. Pardo V.

Universidad de San Buenaventura Medellín  
flppardo@gmail.com

Sebastián Lopera G.

Universidad de San Buenaventura Medellín  
sebasfox@gmail.com

(Tipo de Artículo: **INVESTIGACIÓN**. Recibido el 10/11/2010. Aprobado el 01/12/000)

**Abstract** – This article pretends to present methodologies for measuring the most important parameters of a preamplifier like slew rate, bandwidth, total harmonic distortion (THD) and signal to noise ratio. For this process were used spectrum analyzers, signal generators, multimeters, cables, among others. To support these methodologies, measurements shall be made into four different preamps.

**Keywords:** Audio, bandwidth, preamplifier, signal to noise ratio, slew rate, total harmonic distortion.

**Resumen** –En este artículo, se plantean metodologías para la medición de los parámetros más importantes de un preamplificador: *slew rate* –tiempo de respuesta–, ancho de banda –respuesta en frecuencia–, distorsión armónica total –THD%– y relación señal ruido; para lo que se utilizan analizadores de espectro, generadores de señal, multímetro, cables, entre otros. Para corroborar estas metodologías, se efectúan mediciones en cuatro preamplificadores diferentes.

**Palabras clave:** Ancho de banda, audio, distorsión armónica total, preamplificador, relación señal ruido.

### 1. INTRODUCCIÓN

Los preamplificadores de audio son parte primordial dentro del proceso de producción y grabación de una obra musical, ya que acondicionan la señal antes de ser grabada. Su caracterización dentro del medio audiovisual se hace de forma subjetiva, como es el caso de las revistas enfocadas al audio, en donde los autores usualmente realizan análisis poco profundos en cuanto a las características electrónicas de los equipos, evaluando generalmente el desempeño de estos. Aunque este tipo de análisis lo realizan personas expertas en el tema, se hace necesario medir el desempeño de dichos dispositivos. Es así como surge la necesidad de realizar un análisis más objetivo del desempeño de los preamplificadores de audio contemporáneos –sin abandonar el aspecto subjetivo– con el fin de comparar la información suministrada por los fabricantes. Dentro de este contexto, en este proyecto se plantean metodologías para medir los principales parámetros de un preamplificador, utilizando elementos comunes dentro de un estudio de grabación, además de la utilización de software especializado.

### 2. JUSTIFICACIÓN

Wells [1] describe físicamente el preamplificador Robbie™, de la empresa Blue©, especificando sus entradas, controles y apariencia física. Además,

realizan pruebas de manera subjetiva para determinar el desempeño del dispositivo haciendo pruebas de grabación de instrumentos con diferentes micrófonos. Liles [2] toma como base el hecho de que los recursos económicos no son una excusa para adquirir buenos preamplificadores. Realiza una comparación entre los distintos preamplificadores de bajo costo describiendo su versatilidad a la hora de realizar conexiones y configuraciones. De igual manera aclara que aunque los resultados son buenos, en ningún momento igualarán a dispositivos de gama alta. Stackpole [3] describe físicamente el preamplificador Mini-MP™, de la empresa Apogee© y sus diferentes tipos de configuraciones. Destaca que se encuentre un decodificador MS, utilizado a la hora de realizar grabaciones con la técnica MS (Técnica de grabación estéreo, llamada así por sus siglas en inglés, Mid Side). Realiza comparaciones subjetivas en 2 estudios de grabación diferentes, un estudio personal y un estudio profesional, estas pruebas son realizadas con micrófonos de gama alta, y a su vez realiza una comparación con preamplificadores de gama alta. Uno de los aspectos que le llama la atención al autor, es su flexibilidad para el uso de fuentes de alimentación genéricas. Concluye que la calidad del preamplificador es similar a algunos preamplificadores de gama alta y que su precio lo convierte en una excelente sugerencia para pequeños estudios que busquen enriquecer su calidad en producción y grabación.

Es así como surge la necesidad de realizar un análisis más objetivo del desempeño de los preamplificadores de audio contemporáneos -sin dejar atrás el aspecto subjetivo-; con el fin de comparar la información suministrada por los fabricantes. Dentro de este contexto se plantean metodologías para medir los principales parámetros de un preamplificador, utilizando elementos comunes dentro de un estudio de grabación, además de la utilización de software especializado.

### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1 Preamplificador

Amplificador enfocado a realzar voltaje, en este aspecto difiere con un amplificador de potencia. En el caso del preamplificador de micrófono, eleva la señal desde el nivel de voltaje de micrófono, del

orden de los mili voltios mV, hasta nivel de línea, alrededor de 1 V. Otra característica importante es su respuesta en frecuencia –la ganancia varía con la frecuencia–, ya que da el sonido característico a cada dispositivo. El preamplificador de audio también es el encargado de acoplar la impedancia entre el dispositivo de entrada y el dispositivo de salida [4].

### 3.2 Slew rate

Velocidad máxima de cambio en el voltaje de salida de un amplificador, medida habitualmente en V/ $\mu$ s. Debe ser lo suficientemente elevada como para reproducir las frecuencias agudas sin distorsión, tanto más cuanto mayor sea el voltaje de salida del amplificador. Este parámetro es de vital importancia a la hora de reproducir los transientes –señal de mucha energía en un intervalo corto de tiempo.

$$SR = \frac{\Delta V}{\Delta t} [=] V/\mu s \quad (1)$$

Donde  $\Delta V$  es el cambio de voltaje, y  $\Delta t$  es el tiempo que demora en cambiar dicho voltaje.

### 3.3 Relación señal/ruido (S/N ratio)

Cuantifica qué tan ruidoso es un sistema o una señal.

$$SNR = \frac{A_{señal}}{A_{ruido}} [=] dB \quad (2)$$

Donde  $A_{señal}$  es la amplitud de la señal y  $A_{ruido}$  es la amplitud del ruido de fondo.

### 3.4 Ancho de banda

Es el rango efectivo donde el amplificador puede funcionar correctamente con la mínima distorsión. Se eligen como puntos de corte aquellos donde la potencia del amplificador cae al 50%.

### 3.5 Distorsión armónica total (THD%)

Cuantifica la distorsión armónica que entrega el sistema. Su cálculo se referencia a un tono puro de 1 kHz –un armónico–, comparándolo con los armónicos que aparecen en la salida.

$$THD\% = \sqrt{\frac{\sum_n (A_n)^2}{A_1^2}} * 100, n = 2,3,7, \dots \quad (3)$$

Donde  $A_n$  es la amplitud del armónico  $n$ .

## 4. MÉTODOS Y MATERIALES

### 4.1 Software y equipos

*Pro Tools®*. Es uno de los sistemas DAW más importantes y reconocidos en la producción musical. Actualmente se trabaja con la versión 8, y es desarrollado por AVID, una de las empresas más reconocidas a nivel mundial en producción audiovisual. Pro Tools ofrece una integración entre

múltiples pistas de audio digital y archivos de tipo MIDI, con las herramientas necesarias para la grabación, edición, mezcla y procesamiento de audio digital [5].

*SpectraPLUS®*. Es un analizador de espectro, que se encarga de convertir una señal del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia. En el dominio de la frecuencia muestra lo que comúnmente se conoce como espectro. El ancho de banda de este software está determinado por la frecuencia de muestreo máxima que permite la interfaz de audio del computador [6].

*003™*. Es una interfaz de audio creada por Digidesign. Su comunicación con el computador se realiza a través de puertos FireWire. Posee 18 entradas simultáneas –8 entradas análogas y 10 entradas digitales–, 8 entradas ADAT y 2 entradas S/PDIF. Su frecuencia de muestreo máxima es de 96kHz [7].

*API™ 512c*. Preamplificador de audio desarrollado por API. Reconocido por su sonido característico y suave. Posee voltaje fantasma –Phantom Power– de 48V, ofrece una ganancia de 65 dB, un atenuador de 20 dB y un inversor de fase [8].

*Digimax FS™*. Preamplificador de audio fabricado por la empresa Presonus. Posee 8 preamplificadores XMAX Clase A, con sus respectivos controles de ganancia. Cuenta con un protocolo de comunicación tipo ADAT, que permite expandir sistemas de grabación que tengan este mismo protocolo de comunicación. La máxima frecuencia de muestreo a la que el equipo puede funcionar es de 96kHz [9].

*Onyx 24-4™*. Mesa de mezcla analógica desarrollada por Mackie. Los preamplificadores de esta mesa son de tipo Onyx, fabricados por la misma empresa. Estos preamplificadores son reconocidos por su buena calidad y bajo costo [10].

*ADAT Lightpipe*. Es un estándar para la transferencia de audio digital mediante una interfaz óptica. Originalmente fue desarrollada por la empresa ALESIS, pero tiempo después fue aceptada por los consumidores y otras empresas, que fueron incorporando este tipo de interfaz en sus propios productos. Este estándar utiliza cables de fibra óptica y conectores de tipo Toslink en cada extremo. Permite transmitir audio digital con frecuencia de muestreo no mayor a 48 kHz.

## 5. METODOLOGÍA

Como primer paso se grabaron las referencias necesarias para las distintas mediciones, con el fin de trabajar siempre con la misma fase, punto de inicio y punto de corte. Estos archivos se grabaron directamente utilizando Pro Tools 8 y un generador de señal nativo del sistema DAW –Fig. 1. Este proceso de grabación se realizó mediante

conexiones internas entre los diferentes canales utilizados –buses.



Fig. 1. Grabación Señal de Referencia

Al tener la señal de referencia, se procede con la conexión de los diferentes dispositivos como se observa en la Fig. 2 –Anexo 1. Primero se realizó una configuración en el sistema DAW, de modo que la señal de referencia fuese enviada a través de la salida 3 de la interfaz de audio, para posteriormente entrar al preamplificador. De la salida de cada preamplificador, a través de un cable balanceado, se rutea la señal a la interfaz de audio por la entrada cinco. Esta señal de entrada se graba y almacena para su posterior análisis en SpectraPLUS. La primera medición se realizó con la 003, para conocer la respuesta del sistema en el que se trabajaría.

Luego, se procedió a realizar las mediciones de cada preamplificador utilizando cada una de las señales de referencia, y que luego de ser procesada por el preamplificador, arrojaría una nueva señal con comportamientos característico de cada uno de los dispositivos a medir.

Para los procesos de medición se utilizaron tres señales de referencia: ruido rosa, tono puro –1 kHz–, y un pulso. El ruido rosa, contiene igual contenido energético por banda de octava, por esto se escoge para la medición del ancho de banda. El tono puro es escogido para la medición del THD, debido a que sólo tiene una componente espectral, y se estandarizó que las mediciones se realizaran a 1 kHz. Por último, el pulso representa un cambio abrupto de nivel, lo que es ideal para medir la velocidad de respuesta.

Para la conexión del Digimax FS se utilizó el protocolo de comunicación ADAT para conectar los dos dispositivos. Entonces la señal de salida del preamplificador saldrá a través de ADAT de manera digital e irá directamente hacia el sistema DAW de grabación.

### 5.1 Cálculo de parámetros

**THD%.** Por medio del software SpectraPLUS se calculó la distorsión armónica total utilizando las señales de prueba de cada dispositivo –tono puro @ 1kHz. El modelo utilizado por el software se basa en la ecuación (3) [11].

**Slew Rate**

$$dBFs = 20 \log A \quad (4)$$

Donde  $dBFs$  es el nivel digital, y  $A$  es la amplitud relativa en digital.

Para calcular el *slew rate* se necesita el voltaje de la señal de prueba –pulso en este caso–, y debido a que se está trabajando en un sistema digital, es necesario convertir los valores a voltaje.

Teniendo el sistema a la salida con 0  $dBFs$  y un tono puro de 1kHz, se midió el voltaje rms a salida –luego se calculó el nivel pico–, para tener en cuenta la sensibilidad de salida.

$$V_{medido} = 6,185 V$$

$$V_{pico} = 6,185\sqrt{2} = 8,747 V$$

Con la siguiente relación se calculó el voltaje pico de cada medición partiendo del nivel digital:

$$\frac{1}{A} = \frac{8,747 V}{V} \rightarrow V = 8,747A [=] V$$

El factor de 1 es la amplitud relativa para 0  $dBFs$  –ecuación (4).

Se analizó la forma de onda para medir el tiempo que demora en cambiar de voltaje. Debido a que es una señal digital, se midieron los *samples*; teniendo en cuenta la frecuencia de muestreo de la señal de 96 kHz. Este análisis también se le realizó a la referencia. Con esta información se puede utilizar la ecuación (1).

**Ancho de banda.** Su análisis es realiza mediante un analizador de espectro –SpectraPLUS. La señal de prueba utilizada fue el ruido rosa.

**Relación S/N.** Por medio del software SpectraPLUS se midió el ruido de fondo en cada una de las mediciones. Debido a que se está trabajando en digital, el valor máximo es 0  $dBFs$ , por lo tanto este valor se puede aproximar a la relación S/N.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con los anteriores métodos de medición se llegó a los resultados contenidos en la Tabla 1, en donde se muestran los valores de la distorsión armónica total, el *slew rate* y la relación señal ruido; adicional a esto se calculó la distorsión armónica total del sistema ( $THD_{referencia}$ ). En las Fig. 3 a 7 –Anexo 2– se compara el ancho de banda del sistema con el de cada dispositivo, esto con el fin de verificar su desempeño.

Los datos contenidos en la Tabla 2 son los suministrados por los fabricantes.

**TABLA 1**  
**Resultados experimentales**

	THD% (<)	SlewRate [V/ $\mu$ s]	Relación S/N (>) [dB]
Digidesign 003	0,00124	0,165	79,2
API 512c Mic in	0,0026	0,14	70,3
API 512c Hi Z in	0,0018	0,134	79,5
Presonus Digimax FS	0,0088	0,093	74,9
Mackie Onyx	0,0166	0,137	78,1

$THD_{referencia} < 0,00001\%$

**TABLA 2**  
**Datos suministrados por los fabricantes**

	THD% (<)	Ancho de Banda [Hz]	Relación S/N (>) [dB]
Digidesign 003	0,0007	20 a 20k	-----
API 512c Mic in	0,05	30 a 20k	95
API 512c Hi Z in	0,05	30 a 20k	95
Presonus Digimax FS	0,003	20 a 40k	101
Mackie Onyx	0,003	10 a 80k	87

## 7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para un buen desempeño de los dispositivos, es necesario:

- Slew Rate alto en relación con la señal de entrada.
- Un ancho de banda mínimo para el espectro audible de 20 a 20 kHz
- Alta relación señal ruido
- THD < 0,05%

De forma general, ninguno de los dispositivos posee grandes falencias, ya que presentan muy buen desempeño en el rango audible de 20 Hz a – 20 kHz. Es necesario aclarar que todas las mediciones se realizaron con señales digitales, debido a la disponibilidad de los equipos.

Es importante aclarar que aunque los valores de relación señal/ruido no son comparables entre sí, debido a que no se utilizaron las mismas señales de prueba, estos resultados muestran de manera aproximada el desempeño de los preamplificadores.

Durante la realización de las mediciones existieron algunos problemas en cuanto a los equipos que se utilizaron para la realización del trabajo. El más importante fue la selección y uso de los cables utilizados para la conexión entre dispositivos. Estos cables no deberían inducir ruido a la señal, pero en este caso los cables lograban inducir ruido, que posteriormente afectaría la medición de la relación señal ruido. De acuerdo con esta

situación las mediciones de este parámetro se vieron afectadas.

*API™ 512c*. En este preamplificador existen dos tipos de entradas: entrada de alta impedancia y entrada de baja impedancia. Estas entradas son utilizadas de acuerdo con el origen de la señal y su nivel. Al realizar un análisis subjetivo se demuestra superioridad en la calidad de sonido con respecto a los demás preamplificadores estudiados. Se destaca por su sonido claro y suave, además posee una buena respuesta en frecuencia, lo que le da un “color” único y propio. Este preamplificador fue el que presentó el mejor desempeño.

*Digimax FS™*. Su sonido es limpio y claro, tiene muy buena respuesta en frecuencia, y a frecuencias altas su comportamiento es muy bueno, sin embargo no se percibe un sonido característico de este preamplificador.

*003™*. Los preamplificadores de esta interfaz ofrecen una buena opción para grabaciones sencillas e instrumentos que no produzcan alto nivel de presión sonora. Una de sus desventajas es la ausencia de un atenuador –pad–, debido a que cuando sus controles de ganancia están al mínimo presentan una amplificación de 18 dB.

*Onyx 24-4™*. Esta mesa de mezcla es una buena opción para presentaciones en vivo y aplicaciones de estudios de grabación. El hecho de que los preamplificadores se encuentren junto a otros elementos electrónicos dentro de la consola – ecualizadores, filtros, procesos dinámicos, entre otros– no aumenta el ruido interno, lo que se evidencia en la relación señal ruido calculada – considerablemente alta.

## 8. CONCLUSIONES

Por medio de las medidas realizadas se pudo corroborar que ninguno de los preamplificadores analizados presenta grandes falencias en su desempeño, como lo muestra la Tabla 2, ya que presentan un THD bajo, ancho de banda adecuado para señales de audio, alta relación señal ruido y un *slew rate* alto en relación con la señal de entrada, y mostrando resultados congruentes con los suministrados por los fabricantes.

Las metodologías utilizadas mostraron buenos resultados, teniendo en cuenta que se utilizaron señales digitales para el análisis. Aunque el uso de este tipo de señales necesariamente implica pérdida de información, ya que se pasa de una señal continua a una señal discreta en el tiempo, su utilización se justifica por la facilidad de análisis, y bajo costo debido a la posibilidad de utilizar un computador en lugar de dispositivos análogos.

### Agradecimientos

Los autores reconocen las contribuciones de Jeniffer Torres y Oscar Cardoso en el desarrollo del trabajo.

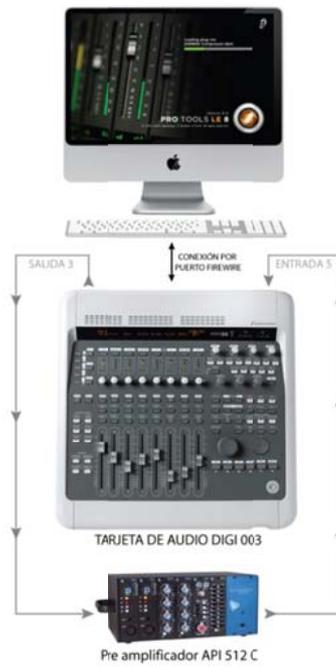
### REFERENCIAS

1. R. Wells, "A solid preamp that has powerful EQ". *Electronic Musician*, Vol. 22, No. 5, pp. 106-109, 2006.
2. B. Liles, "Microphone preamps". *Sound & Video Contractor*. Vol. 23, No. 9, pp. 50-56, 2005.
3. K. Stackpole, "Apogee". *Electronic Musician*. Vol. 20, No. 8, pp. 120-120, 2004.
4. D. M. Thompson, "*Understanding audio*". Boston: Berklee Press. 360 p. 2005.
5. <http://www.avid.com/US/products/Pro-Tools-8-Software/>. Abril 2010.
6. [http://spectraplus.com/Downloads/SpectraPLUS\\_50\\_Users\\_Guide.pdf](http://spectraplus.com/Downloads/SpectraPLUS_50_Users_Guide.pdf). Abril 2010.
7. <http://www.avid.com/US/products/003-Factory/specifications>. Abril 2010.
8. <http://apiaudio.com/512c.html>. Abril 2010.
9. [http://www.presonus.com/media/manuals/1digimax\\_fs\\_manualv1.pdf](http://www.presonus.com/media/manuals/1digimax_fs_manualv1.pdf). Abril 2010.

ANEXO 1



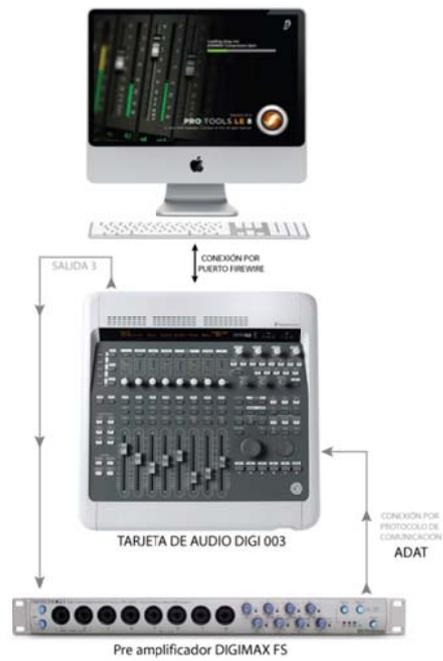
(a) Diagrama de conexión para el sistema 003™



(c) Diagrama de conexión para API™ 512c



(b) Diagrama de conexión para la mesa de mezcla Onyx 24-4™



(d) Diagrama de conexión para Digimax FS™

Fig. 2. Diagramas de conexión

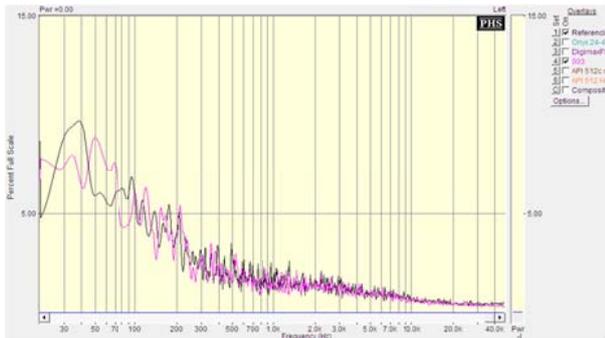


Fig. 3. Comparación del ancho de banda entre la 003 y la referencia

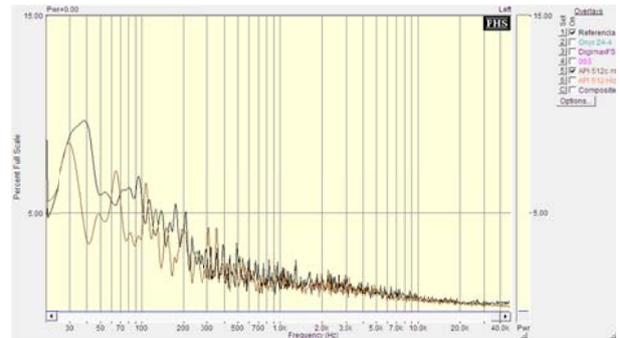


Fig. 4. Comparación del ancho de banda entre el API 512c (mic in) y la referencia

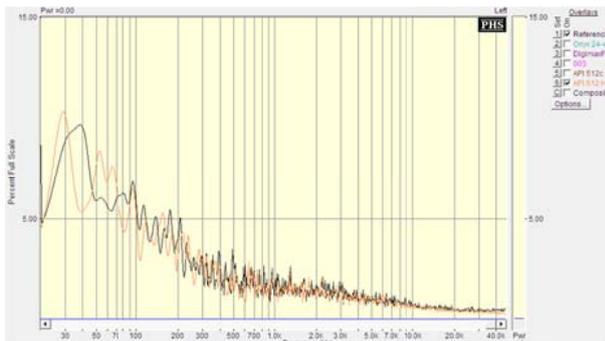


Fig. 5. Comparación del ancho de banda entre el API 512c (Hi Z in) y la referencia

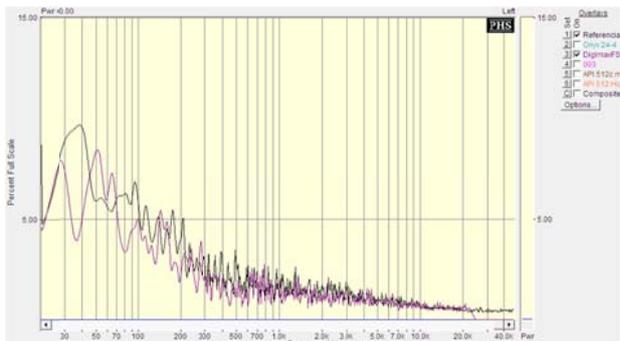


Fig. 6. Comparación del ancho de banda entre el DigimaxFS y la referencia

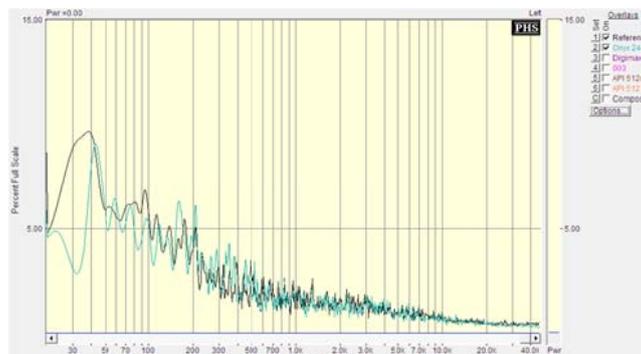


Fig. 7. Comparación del ancho de banda entre la ONYX 24-4 y la referencia