



# COMPORTAMIENTO DE LOS AMPLIFICADORES BAJO DIFERENTES SEÑALES DE ENTRADA.

*Alberto Fueyo Gallego<sup>1\*</sup>*

*<sup>1</sup>Acoustics Team Leader – WSP Spain*

## RESUMEN

Los sistemas de amplificación que forman parte de un sistema de evacuación por voz tienen unas características específicas, no solo por la normativa que tiene que cumplir sino también por las señales que suelen reproducirse en ellos. Estas señales varían dependiendo de si se trata de la fase de testeo, comisión del sistema o uso en una situación de evacuación real. Por tanto, es fundamental entender las limitaciones que tiene cada sistema para así poder replicar ese comportamiento en los softwares de simulación acústica.

De este modo, no solo podemos ajustar los valores de potencia sonora requerido por los sistemas si no que podemos predecir el nivel de presión sonora del sistema y por tanto la inteligibilidad.

Se han realizado mediciones en 10 sistemas diferentes y se han medido y evaluado las señales de salida, permitiendo definir las consideraciones que se deben de tener en cuenta cuando se diseña, comisiona y usa un sistema con estas características.

## ABSTRACT

Sound Systems for Emergency Purposes (SSEP), whether connected to a fire detection system or not, are part of the life safety system of a building and hence it is crucial that for the safety of the occupants the systems are compliant. The amplification system is an important component of the SSEP and so understanding its behavior is important when predicting whether the required performance will be achieved.

Historically SSEP amplifiers were a box where analogue signals were amplified but without other signal processing. The published power rating of those “old style” amplifiers were often pessimistic achieving more than the rating suggested. Due to these “overdesigned” amplifiers, the predicted SPL was not critically affected by the headroom allowed during the modelling process. The SPL could often be achieved even when the signal did not fit within the supply

rails of the amplifier, i.e. the designs of these amplifiers were forgiving.

In this investigation, the behaviour of amplification systems is assessed with not only sine waves and the well-known and widely used STI-PA signal, but also real speech. The important difference between these signals as far as this investigation is concerned, is the amplitude in the time domain. The hypothesis of this investigation is that the behaviour of amplification systems depends on the crest factor of the input signal. In other words, the on-time voltage applied to the amplification systems.

**Palabras Clave**— Megafonía, amplificación, evacuación por voz.

## 1. INTRODUCCIÓN

Cuando se diseña un sistema de evacuación por voz es fundamental establecer un valor objetivo de nivel de presión sonora. Este valor viene limitado por varios factores y componentes, siendo el más relevante los amplificadores o sistemas de amplificación que forman parte del sistema.

Históricamente los sistemas de amplificación eran grandes cajas con componentes sobredimensionados de tal forma que podían alcanzar voltajes de salida mayores a los establecidos por el fabricante, pero en los últimos años se han empezado a diseñar sistemas más eficientes con un diseño más refinado minimizando ese “sobredimensionamiento”

Durante más de 10 años se han medido diferentes sistemas de amplificación que no podían alcanzar el objetivo de voltaje de salida esperado por el consultor. Lo que afectaba de forma directa al valor final de nivel de presión sonora del sistema (SPL).

El factor de voltaje presente por los fabricantes en los datasheets son medidos con una configuración específica, conectados a un número de resistencias específicas que pueden o no representar a la situación de los equipos una vez instalados.

Hay que recordar que los sistemas de evacuación por voz suelen tener las siguientes características:

---

\* **Autor de contacto:** [Alberto.fueyo@wsp.com](mailto:Alberto.fueyo@wsp.com)

**Copyright:** ©2023 First author et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 3.0 Unported License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

- Todos los canales de salida están activos a la vez.
- Requieren altos niveles de SPL.
- La calidad del audio es secundaria.
- Las señales que reproducen son señales habladas.

El estándar de verificación de los sistemas de amplificación que forman parte de un sistema de evacuación por voz es el EN54-16 el cual establece en la cláusula 16.1.5 lo siguiente:

*“All voice alarm output circuits and transmission paths shall be connected to cables and equipment or to dummy loads. At least one of each type of voice alarm output circuit shall be loaded to its maximum capacity within the manufacturer’s specification.”*

Esto implica que la medición de la potencia eléctrica del amplificador se puede hacer con solo un canal lo cual es muy posible que no represente el uso real del amplificador, llegando el caso en el cual el power supply unit (PSU) del sistema no sea suficientemente grande como para mantener esa potencia en todos los canales del amplificador una vez que todos los canales son utilizados simultáneamente.

Además, como se ha mencionado previamente en los amplificadores se mide su potencia eléctrica con una señal de seno de 1kHz, la verificación de inteligibilidad del sistema se mide con una señal pseudorandom como puede ser STI-PA y el sistema luego se utiliza con señales habladas. Dichas señales son muy diferentes y su comportamiento es totalmente diferente cuando los sistemas de amplificación las procesa.

Durante esta investigación con concepto “burst mode” se introdujo por un fabricante de sistemas de amplificación. El concepto es que el sistema puede alcanzar alto niveles de potencia sonora pero solo durante un periodo de tiempo limitado (<1 segundo). Después de ese periodo de tiempo la potencia del amplificador se reduce.

## 2. MEDICIÓN DE VOLTAJE

Debido a lo rápido que cambian los voltajes en algunas señales como las del habla, se ha decidido utilizar un sonómetro Clase 1 configurado en modo rápido y decibelios ponderados Z, Utilizando una señal estable de 1kHz se ha calibrado el sonómetro de tal forma que se pueda identificar el valor de voltaje de salida en referencia a una escala de 0.1dB.

Esta calibración se ha realizado con un amplificador tipo mientras el sistema opera en la región lineal del sistema.

$$dBu = 20 \log_{10} \frac{V}{0.775} \quad (1)$$

Al representar la regresión lineal del voltaje de salida en dBu vs  $L_{zeq}$  y utilizando la ecuación 2 se ajusta la constante C para correlacionar los dBs del sonómetro con los valores reales de  $V_{RMS}$ .

$$dBu_{SLM} = L_{zeq} + C \quad (2)$$

## 3. METODOLOGÍA DE MEDICIÓN

El equipamiento utilizado durante las mediciones es el siguiente:

- NTI MR-PRO generador de señales.
- WinMLS measurement system v2004,1.07e.
- Rion sonómetro grabador tipo NL-52 con 2 x 20dB atenuadores.
- Fluke RMS medidor digital.
- NTI XL2 STI-PA medidor.
- AXYS D-Audio tarjeta de audio.
- Resistencias.

Las señales utilizadas durante los tests y almacenadas en el NTI MR-PRO son las siguientes:

- 1kHz seno, 3dB factor de pico.
- STI-PA, 14dB factor de pico.
- Mensaje de emergencia del metro de Londres, en loop sin silencios entre mensajes, palabras por minuto: 139 (normal) and 200 (rápido), 15dB factor de pico

Previamente a almacenar las señales en el NTI MR-PRO todas las señales fueron ajustadas al mismo valor de voltaje RMS a excepción del mensaje de emergencia que fue ajustado 3dB menos.

El factor de pico del mensaje de emergencia fue ajustado a 15dB utilizando un limitador. El mensaje se ha ajustado a 15dB para correlacionarlo con el valor VRMS con la señal psdo-random de ruido rosa. El ajuste de +3dB corresponde con lo descrito en el estándar EN 60268-16:2020.

La siguiente figura representa la configuración entre el sistema de amplificación, sonómetro, resistencias y generador de señales.

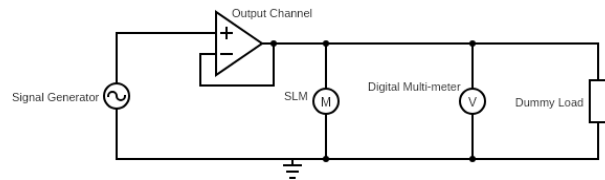


Figura 1. Esquema del circuito de medición.

Para determinar la resistencia requerida para cada canal, se ha utilizado el valor entregado por los fabricantes. Todas las mediciones se realizaron en Europa y por tanto los sistemas estaban configurados en 100V.

Utilizando la siguiente ecuación se relaciona la impedancia (Z), voltaje (V) y potencia(W) se ha calcula la resistencia máxima para cada canal de cada amplificador:

$$Z = \frac{V^2}{P} \quad (3)$$

Cuando ha sido posible se ha cargado al máximo los sistemas de amplificación. Debido a las resistencias

disponibles, hay dos sistemas que no se han podido medir con la “carga máxima”.

Para cada señal se ha empezado con un nivel de voltaje de entrada suficientemente bajo asegurando que los sistemas estaban operando en la zona lineal. El voltaje de la señal de entrada se ha ido aumentando en rangos de 1dB hasta que se ha detectado que el sistema de amplificación no estaba siendo operado en la zona lineal, en ese punto el rango de aumento se reduce a 0.2dB para mejorar la resolución. Cuando los niveles de voltaje de salida no cambiaban y se mantenían constantes se entendía que ese era el valor máximo de voltaje de ese sistema con esa señal.

Todas las señales de salida de los sistemas de amplificación han sido grabadas por el sonómetro en una tarjeta SD.

Si el sistema de amplificación alcanzaba el voltaje esperado, se considera que el sistema cumple con las especificaciones, si el sistema alcanza un voltaje de salida mayor se entiende que el sistema esta sobredimensionado.

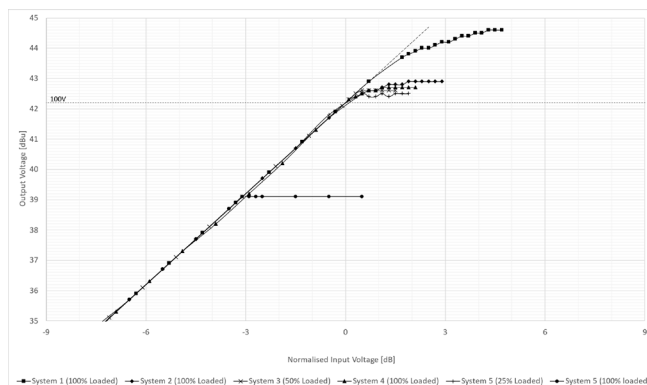
Se ha detectado que los sistemas de amplificación pueden variar su funcionamiento debido a la saturación de los componentes, por tanto, se considera válida la medición si se mantiene el voltaje de salida durante 30 segundos con las señales de STI-PA y el mensaje de evacuación y 5 segundos con la señal de seno.

#### 4. RESULTADOS: 1KHZ

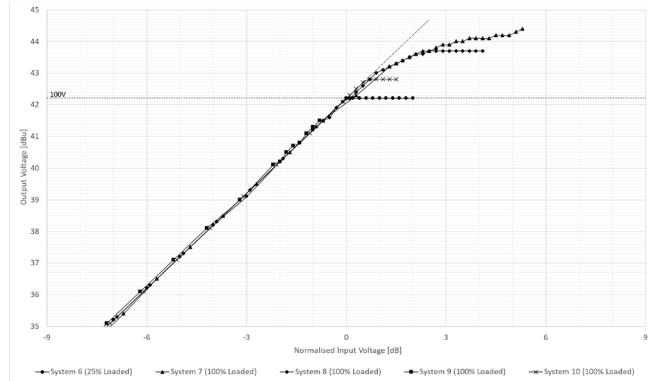
El primer test de linealidad de los sistemas de amplificación se ha realizado con la señal de 1kHz.

El voltaje de salida esperado es 100V (42.2dBu), por tanto, se espera que los sistemas sean lineales hasta ese voltaje de salida.

A partir de ese punto si el sistema sigue comportándose de forma lineal se entiende que el sistema está sobredimensionado y da mas potencia de salida que la especificada por el fabricante. En caso de no alcanzar ese nivel de voltaje de salida, se entiende que el sistema no entrega la potencia que especifica el fabricante.



**Figura 2.** Test lineal 1kHz (sistemas 1-5).



**Figura 3.** Test lineal 1kHz (sistemas 6-10).

Como se puede ver de las figuras 2 y 3, todos los sistemas pueden alcanzar los 100V de salida a excepción del sistema 5 cuando tiene todos los canales de salida activos y el sistema 9. El resto alcanzan o superan en la región lineal los 100V.

El sistema 5 cuando solo tiene un canal de salida activo si alcanza los 100V de salida. Esto no pasa cuando todos los canales están activos como es normal en los sistemas de evacuación por voz.

El sistema 9 no puede mantener el voltaje de salida durante mas de 1 segundo y por tanto se considera que no alcanza 100V. Este sistema esta definido por el fabricante como un sistema de “burst mode” y no está certificado con el standard EN54-16.

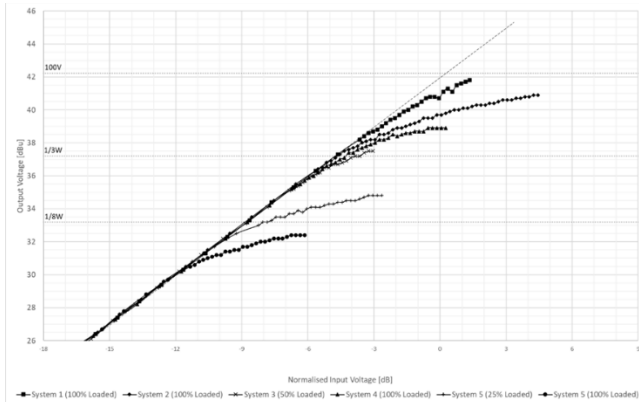
Respecto a la transición de los sistemas de la zona lineal a la no lineal. Se distinguen dos comportamientos: Uno en el cual el sistema pasa de lineal a no lineal sin ningún tipo de transición y otro el cual se pasa a la región no lineal de forma gradual.

#### RESULTADOS: STI-PA

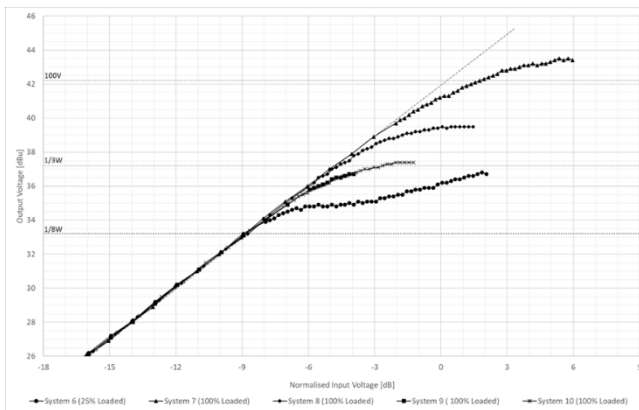
La señal de STI-PA tiene un factor de pico de 14dB mientras que el mensaje hablado tiene un factor de pico de 15dB por tanto es de esperar que el voltaje de salida corresponda con una señal de factor de pico de 12 dB.

El voltaje de salida esperado es 35,6V (1/8W). Idealmente el sistema debería de ser capaz de reproducir la señal de STI-PA a 1/3 de la potencia total del amplificador, lo cual

representaría una señal hablada de 11dB de factor de pico (señal del habla a partir del cual se nota la distorsión).



**Figura 4.** Test lineal STI-PA (sistemas 1-5).



**Figura 5.** Test lineal STI-PA (sistemas 6-10).

Los sistemas que no conseguían alcanzar 100V de salida con 1kHz siguen sin alcanzar el valor requerido de 1/8W con la señal de STI-PA.

Como se ha demostrado en el test con la señal de 1kHz, los sistemas 1 y 7 entregan mayor potencia que la especificada por el fabricante y por tanto pueden operar en la región lineal alcanzado 1/3W.

Los sistemas 2, 3, 4, 8 y 10 pueden alcanzar 1/8W en la región lineal y alcanzan el 1/3W en la región no lineal.

A pesar de que el sistema 9 no ha podido alcanzar los 100V de salida con la señal de 1kHz pero si ha podido alcanzar 1/8W en la región lineal.

## RESULTADOS: MENSAJE DE EMERGENCIA

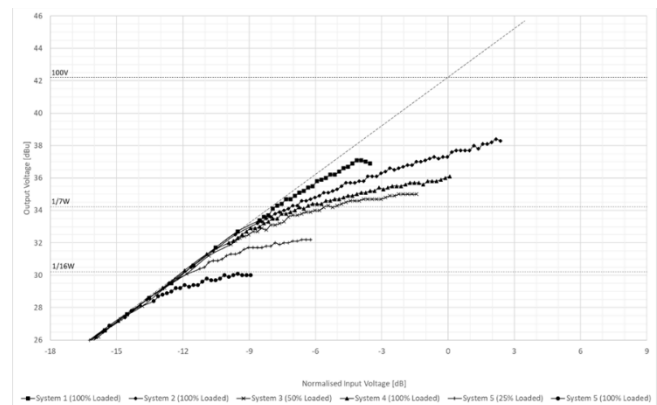
Para determinar si los sistemas pueden reproducir el mensaje de evacuación al mismo nivel que la señal de STI-PA se ha utilizado el mismo método de medición.

Basándose en el ajuste de +3dB recomendado por el estándar EN 60268-16:2020 el mensaje de emergencia debería de alcanzar 1/16W (25.1V) para poderse correlacionar con la

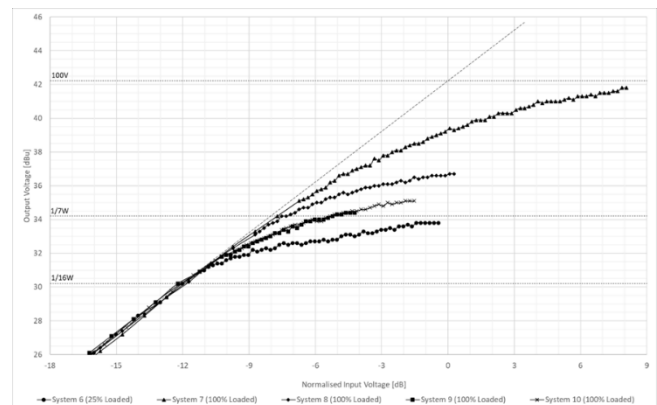
señal de STI-PA. Idealmente el mensaje debería de poder alcanzar 1/7W (39.8V) que corresponderían con 1/3W con la señal de STI-PA.

Los dos primeros tests y señales, no son señales que los sistemas vaya a reproducir en una situación real de emergencia. La señal que van a reproducir tendrá características semejantes a la señal ejemplo de mensaje de emergencia y por tanto estos valores medidos de voltaje de salida son los que deben considerarse cuando se diseña un sistema de evacuación por voz.

La comparación entre el mensaje de evacuación normal (139 palabras por minuto) o el rápido (200 palabras por minuto) no ha arrojado ninguna diferencia y por tanto se exponen los resultados del mensaje normal.



**Figura 6.** Test lineal mensaje (sistemas 1-5).



**Figura 7.** Test lineal mensaje (sistemas 6-10).

Como el factor de pico a de una señal comprimida, como es el mensaje de emergencia utilizado, no puede ser controlado, se deben utilizar los railes del sistema de amplificación para comprimir la señal de salida utilizando la saturación del sistema.

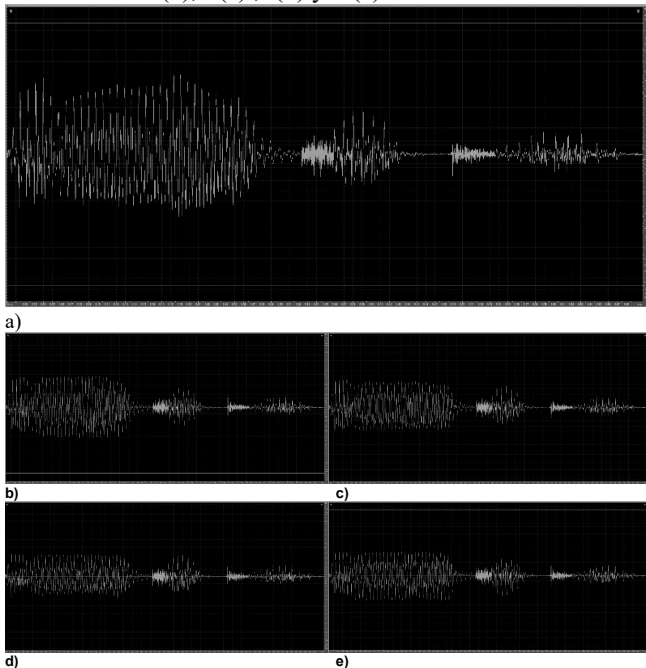
Como muestran las figuras de arriba, el sistema 5 cuando esta cargado al 100% no puede alcanzar el nivel de potencia deseado. Tampoco lo alcanza cuando el sistema esta cargado

al 25%, el cual, si alcanzaba los 100V, esto es debido a que el factor de pico de la señal a aumentado al pasar por el sistema de amplificación y este limita la señal de salida cuando se satura.

El sistema 6 es capaz de alcanzar el  $1/16W$  en la región lineal pero no es capaz de comprimir la señal hasta el  $1/7W$ .

El resto de los sistemas alcanza el nivel de potencia  $1/16W$  requerido y consigue comprimir la señal hasta alcanzar el  $1/7W$ .

Para visualizar el efecto de compresión de los amplificadores en la señal de voz, la siguiente figura representa el análisis en el tiempo de la palabra “Immediately”. La primera figura (a) es el original y las siguientes son la señal de salida a  $1/7W$  de los sistemas 1 (b), 2(c) ,3(d) y 4 (e)



**Figura 8.** Representación en el tiempo de la palabra “Immediately”.

## CONCLUSIONES

La elección del sistema de amplificación que forma parte del sistema de evacuación por voz suele ser posterior a el proceso de modelado acústico.

Como se ha demostrado en este artículo, la variación entre 10 sistemas es tal que puede haber diferencias de hasta 5 decibeles de nivel de presión sonora.

La persona encargada de diseñar, verificar y poner en marcha el sistema deberá de tener en cuenta todos estos factores para lograr la mejor solución.