

# COMPARATIVA DE LOS SOFTWARE CATT-ACOUSTIC Y ODEON EN EL ESTUDIO ACÚSTICO DE UN ENTORNO ABIERTO SINGULAR DE INTERÉS PATRIMONIAL

Elena Díaz<sup>1</sup>, Salvador Cerdá<sup>1</sup>, Rosa Cibrián<sup>2</sup>, Alicia Giménez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Física Aplicada, Universitat Politècnica de València  
{e-mail: eldaru@alumni.upv.es, salcerjo@gmail.com, agimenez@fis.upv.es}

<sup>2</sup> Departamento de Fisiología, Universitat de València  
{e-mail: rosa.m.cibrian@uv.es}

## Resumen

La acústica virtual ha demostrado ser una herramienta muy eficaz en el estudio de recintos patrimoniales frente a diferentes variables. No obstante, se carece de una herramienta específica para el estudio del comportamiento acústico de entornos abiertos de interés patrimonial.

En este estudio, se pretende aplicar las herramientas utilizadas para el cálculo acústico de recintos cerrados en el estudio de un entorno abierto singular, realizando las adaptaciones necesarias. En concreto, se ha analizado el comportamiento acústico del entorno del Tribunal de las Aguas de la Huerta de Valencia, declarado Patrimonio Cultural Inmaterial de Humanidad en 2009 por la UNESCO. Para ello, se ha realizado una comparativa de los resultados obtenidos con los software CATT-Acoustic y Odeon.

**Palabras clave:** simulación, acústica, entorno abierto, CATT-Acoustic, Odeon.

## Abstract

Virtual acoustics has proven to be a very effective tool for studying heritage sites against different variables. However, there is no specific tool to study the acoustic behavior of open environments of heritage interest.

In this study, it is intended to apply the tools used for the acoustic calculation of closed rooms in the study of a unique open environment, making the necessary adaptations. Specifically, the acoustic behavior of the environment of the Water Tribunal of the Plain of Valencia, declared Intangible Cultural Heritage of Humanity in 2009 by UNESCO, has been analyzed. For this, a comparison of the results obtained with the CATT-Acoustic and Odeon software has been carried out.

**Keywords:** simulation, acoustics, open environment, CATT-Acoustic, Odeon

**PACS n°.** 43.55.-Ka.

## 1 Introducción

En este estudio, se pretende analizar la aplicabilidad de las herramientas utilizadas habitualmente para el estudio acústico de recintos cerrados en el estudio del comportamiento acústico de entornos abiertos de interés patrimonial. Para ello, se ha realizado la simulación acústica del entorno del Tribunal de las Aguas de la Huerta de Valencia, declarado Patrimonio Cultural Inmaterial de Humanidad en 2009 por la UNESCO. Se trata de un entorno singular de gran valor patrimonial donde la transmisión de la palabra es un factor preferente.

La metodología seguida en la medición acústica se ha basado en los requerimientos de la ISO-3382-1, realizando las adaptaciones necesarias derivadas de la singularidad del entorno a estudiar. En total, se han establecido 9 posiciones de la fuente (A-I), y 6 posiciones de los receptores. Para poder trabajar posteriormente con los software acústicos, se ha levantado un modelo acústico cerrado con superficies que representan el campo abierto, a las cuales se les ha aplicado material 100% absorbente. La simulación acústica se ha realizado con los software Odeon y CATT-Acoustic, calibrando el modelo con C50 y C80, debido a la mayor estabilidad que presentan estos parámetros en este tipo de entorno singular. [1]

La comparativa de los resultados obtenidos se ha realizado mediante un análisis estadístico de las correlaciones entre los diferentes elementos y un análisis global de fiabilidad. A continuación, se muestra la comparativa de los resultados obtenidos para los parámetros temporales T30 y EDT, y para los parámetros energéticos C80 y C50.

## 2 Resultados

### 2.1 T30 y EDT

En la tabla 1, se muestran las correlaciones existentes entre la medición y las simulaciones con CATT-Acoustics y Odeon para el parámetro T30. Ambas simulaciones presentan una correlación moderada con la medición (Odeon 0,534 y CATT- Acoustics 0,576), mientras que existe una correlación muy alta entre ambas simulaciones (0,870).

Tabla 1 – Matriz de correlaciones (T30)

	<b>MEDICIÓN</b>	<b>ODEON</b>
<b>ODEON</b>	0,534	-
<b>CATT</b>	0,576	0,870

En las siguientes gráficas, se observa la variación por frecuencias de T30 en función de la ubicación de la fuente para cada uno de los puntos de medida. Los resultados de la medición son los que representan una mayor dispersión, mientras que los resultados de la simulación con Odeon resultan ser los más estables. Además, se puede observar una disminución de la dispersión en medias y altas frecuencias tanto en la medición como en ambas simulaciones.

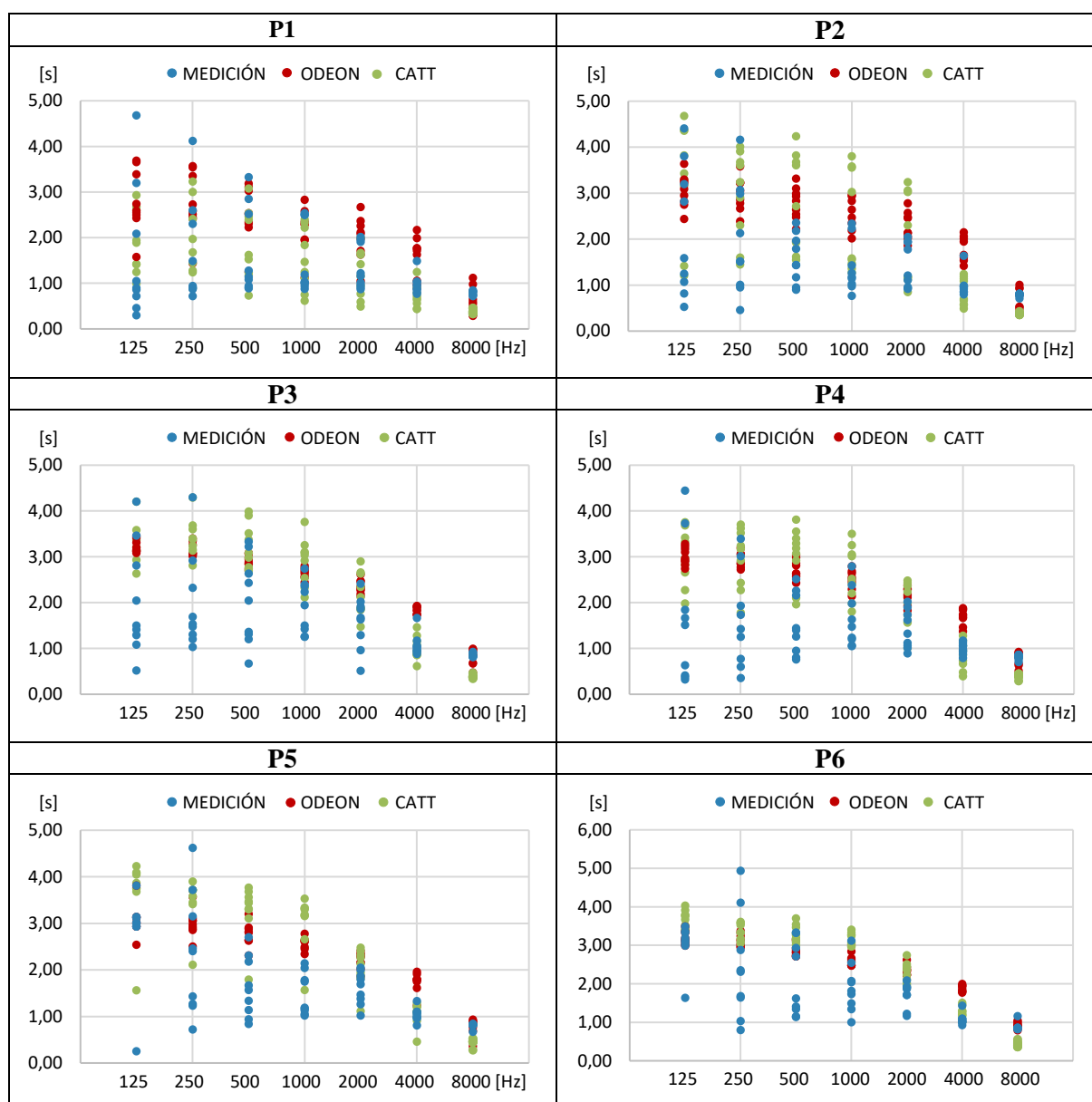


Figura 1 – Dispersión de T30 para cada punto de medida

Para el parámetro EDT, la simulación con Odeon presenta una correlación moderada con las medidas (0,544), mientras que la correlación entre la simulación con CATT-Acoustic y la medición es baja (0,285). Por su parte, las simulaciones entre ambos software tienen una correlación moderada (0,519), según se muestra en la tabla 2.

Tabla 2 – Matriz de correlaciones (EDT)

	MEDICIÓN	ODEON
ODEON	0,544	-
CATT	0,285	0,519

En las siguientes gráficas, se muestra la variación por frecuencias de EDT en función de la ubicación de la fuente para cada uno de los puntos de medida. En este caso, los resultados de la simulación con CATT-Acoustics son los que representan una mayor dispersión, mientras que los resultados de la simulación con Odeon siguen siendo los más estables.

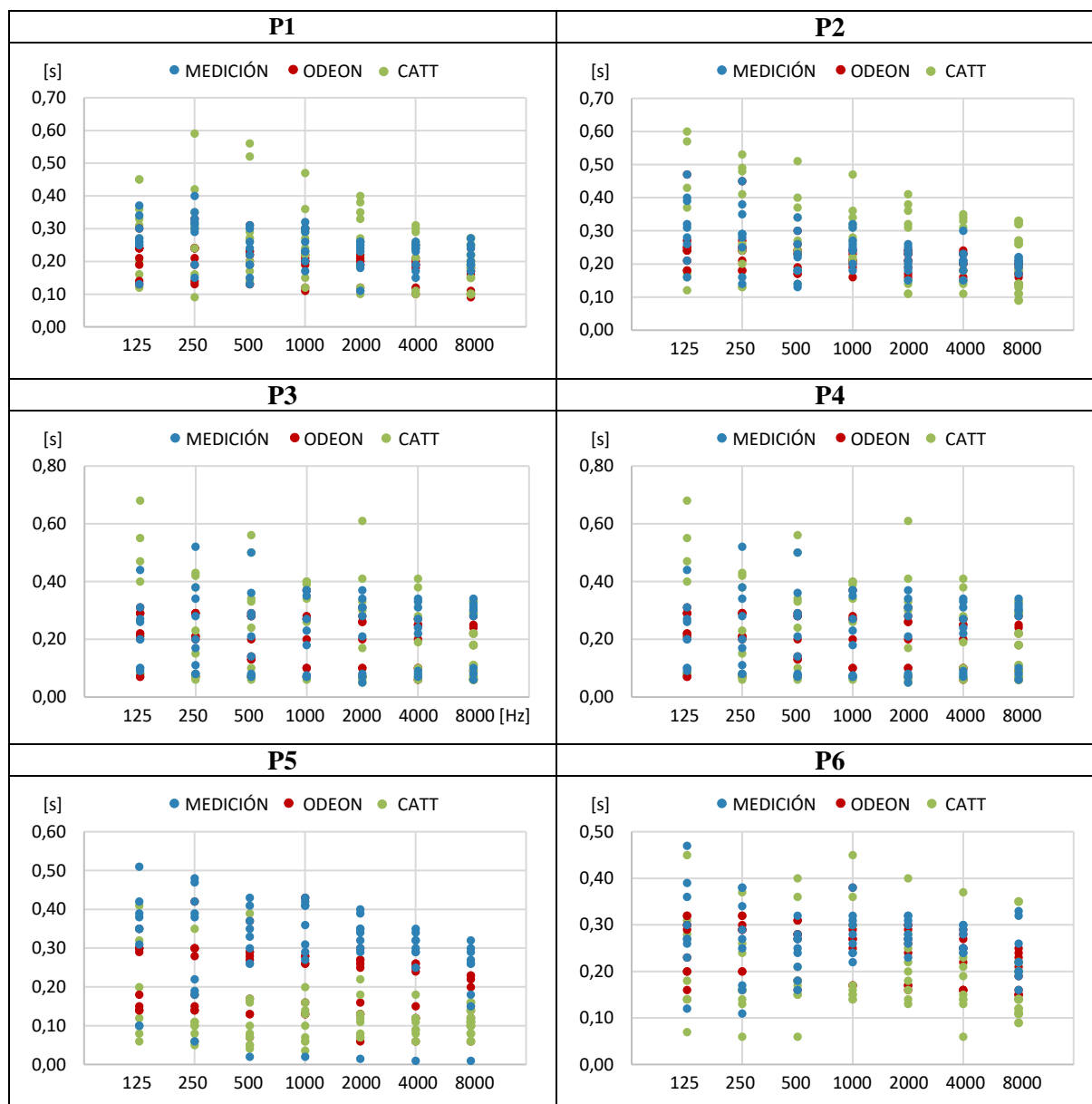


Figura 2 – Dispersión de EDT para cada punto de medida

En las siguientes gráficas, se puede apreciar la variación de los parámetros T30 y EDT en función de la ubicación del receptor, para los datos obtenidos con la fuente A. Se puede apreciar como los resultados de la medición y la simulación con CATT-Acoustic siguen una tendencia similar, con una alta variación en función de la ubicación del receptor. En cambio, la simulación con Odeon presenta una mayor estabilidad. En la medición y en la simulación con CATT-Acoustic, destaca la disminución de la dispersión del parámetro T30 en altas frecuencias.

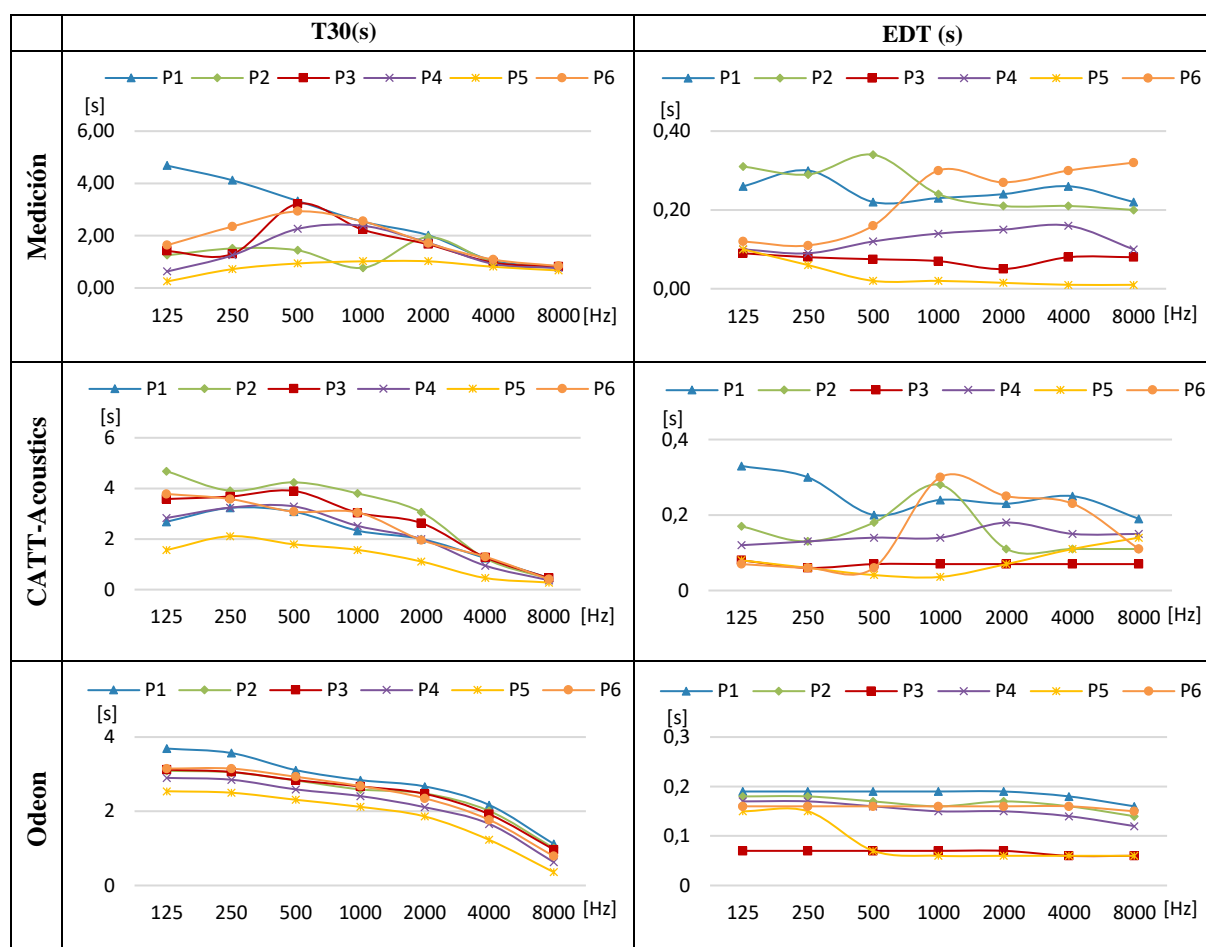


Figura 3 – Variación de T30 y EDT (fuente A)

En la tabla 3, se muestra la fiabilidad y la correlación interclase para T30 y EDT. La consistencia interna de T30 es buena ( $0,8 < \alpha \leq 0,9$ ), mientras que la de EDT es cuestionable ( $0,6 < \alpha \leq 0,7$ ). Por otro lado, T30 presenta un coeficiente de correlación interclase con un grado de acuerdo substancial ( $0,6 < ICC \leq 0,7$ ), mientras que el grado de acuerdo para EDT es regular ( $0,2 < ICC \leq 0,4$ ).

Tabla 3 – Estadística de fiabilidad y correlación interclase (T30 y EDT)

	<b>Alfa de Cronbach</b>	<b>Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados</b>	<b>Índice de correlación intraclase (medidas únicas)</b>
T30	0,841	0,853	0,638
EDT	0,645	0,702	0,377

## 2.2 C80 y C50

En la tabla 4, se muestra la matriz de correlaciones de C80. En este caso, se observa una correlación alta entre las medidas y la simulación con Odeon (0,728) y entre ambas simulaciones (0,777). No obstante, la correlación entre la medición y la simulación con CATT-Acoustic es moderada (0,558).

Tabla 4 – Matriz de correlaciones (C80)

	<b>MEDICIÓN</b>	<b>ODEON</b>
<b>ODEON</b>	0,728	-
<b>CATT</b>	0,558	0,777

En las siguientes gráficas, se muestra la variación por frecuencias de C80 en función de la ubicación de la fuente para cada uno de los puntos de medida. En este caso, tanto las medidas como las simulaciones presentan una menor dispersión en comparación con los resultados obtenidos para T30 y EDT.

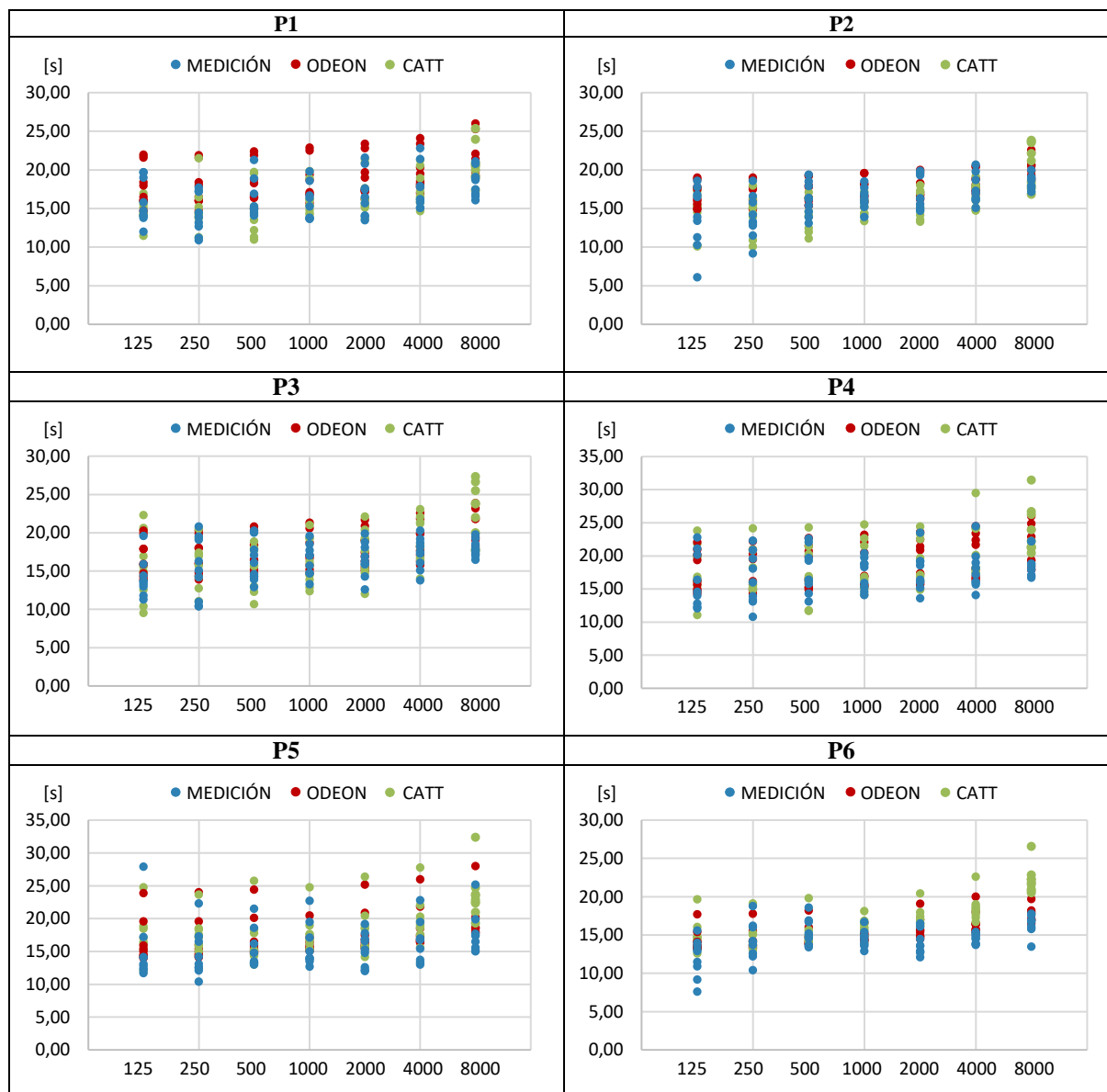


Figura 4 – Dispersión de C80 para cada punto de medida

Para el parámetro C50, se observa una correlación moderada tanto entre la medición y las simulaciones (Odeon 0,643 y CATT-Acoustic 0,524), como entre ambas simulaciones (0,683), según se muestra en la tabla 5.

Tabla 5 – Matriz de correlaciones (C50)

	MEDICIÓN	ODEON
ODEON	0,643	-
CATT	0,524	0,683

En las siguientes gráficas, se muestra la variación por frecuencias de C50 en función de la ubicación de la fuente para cada uno de los puntos de medida. Para el parámetro C50, encontramos una dispersión moderada, inferior a la obtenida para T30 y EDT, pero superior a la obtenida para C80. En este caso, también se aprecia que la simulación con Odeon es la que presenta una menor dispersión.

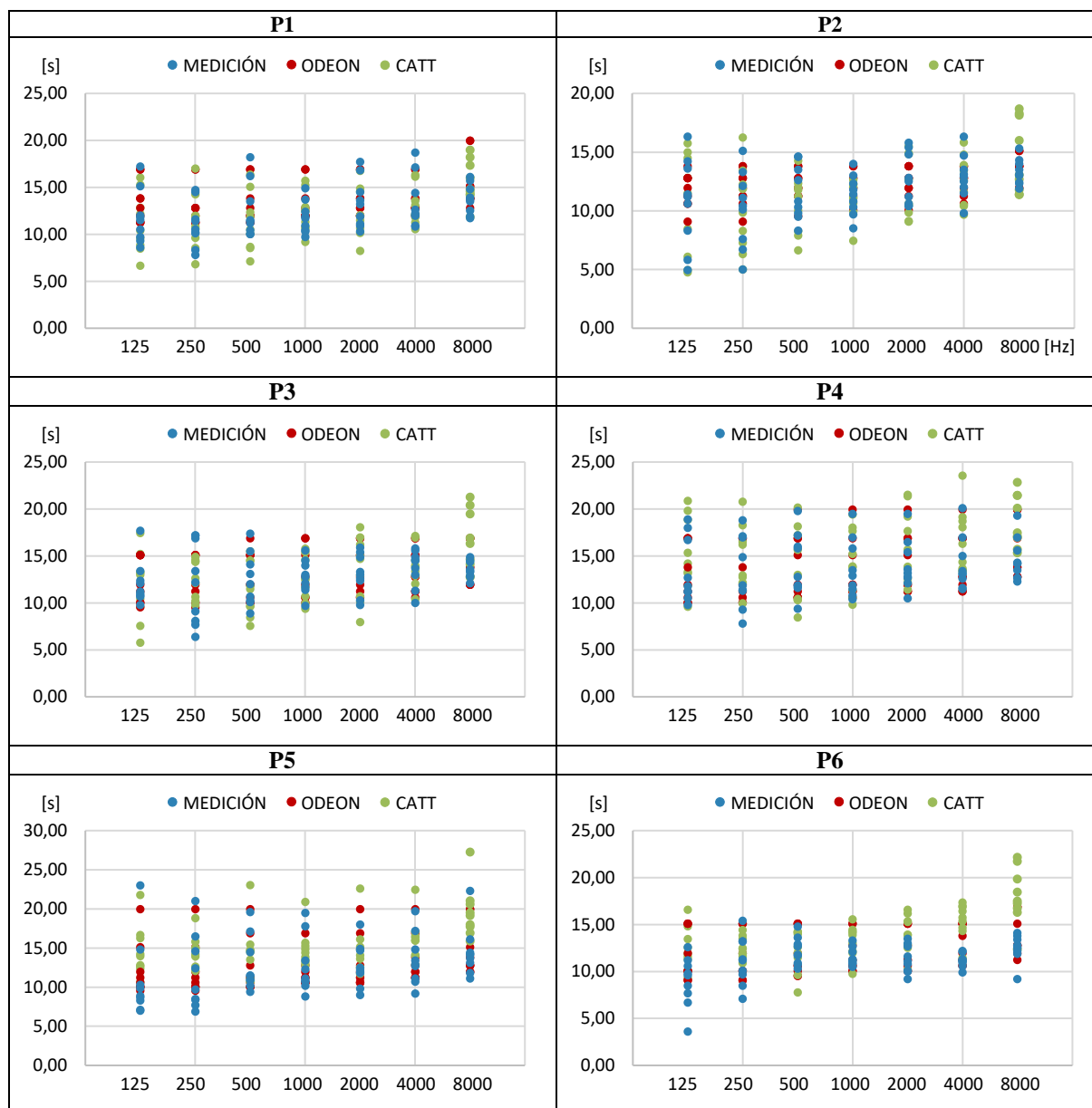


Figura 5 – Dispersión de C50 para cada punto de medida

En las gráficas siguientes se muestra una comparativa entre la medición y las simulaciones con Odeon y CATT-Acoustic para los parámetros C80 y C50 con la fuente en A. En estas representaciones se puede observar que ambos software acústicos reproducen adecuadamente el comportamiento de C80 y C50 en el entorno acústico singular estudiado.

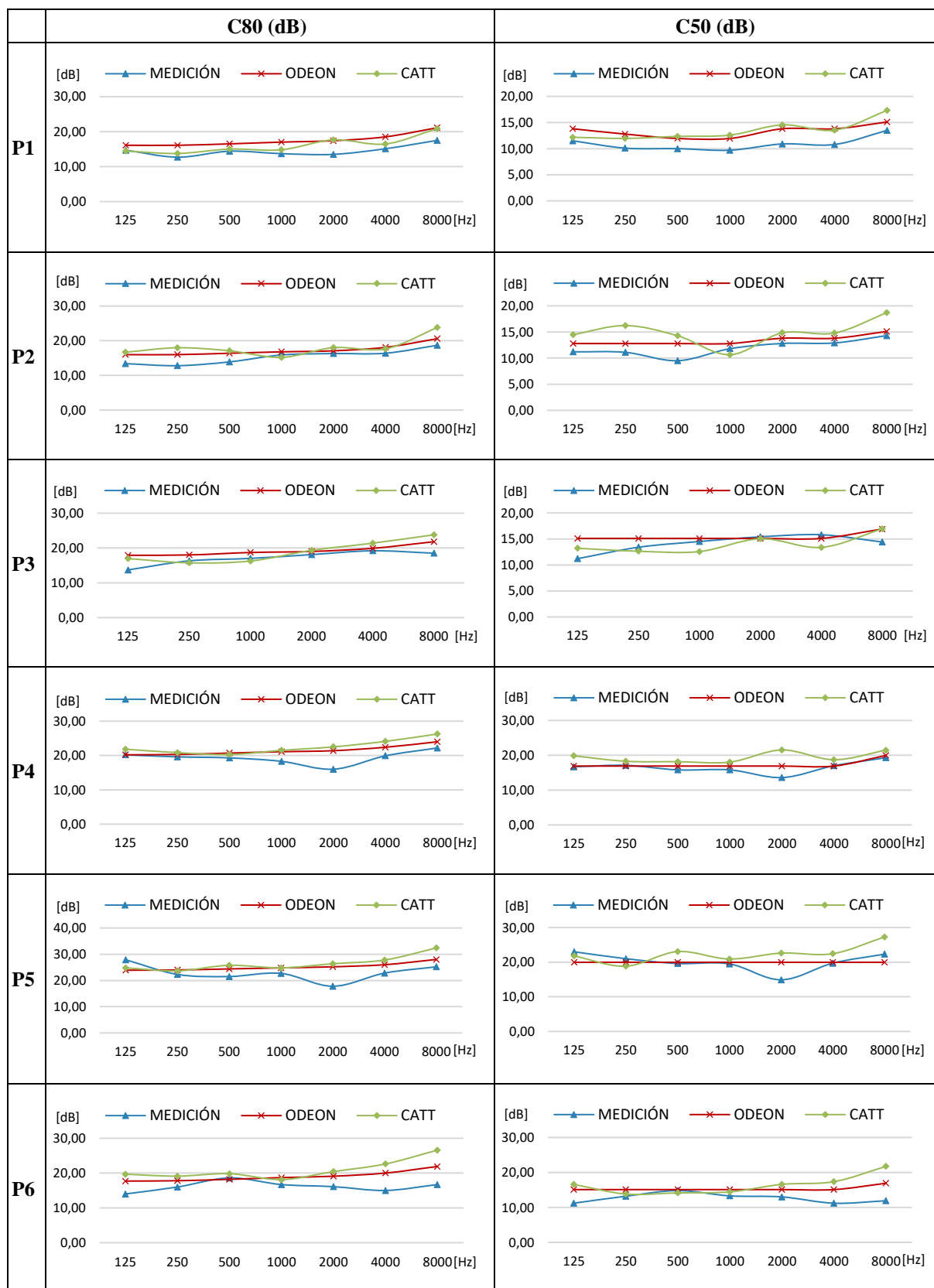


Figura 6 – Comparativa C80 y C50 (fuente A)



En la tabla 6, se muestra la fiabilidad y la correlación interclase para C80 y C50. La consistencia interna en ambos casos es buena ( $0,8 < \alpha \leq 0,9$ ). Por otro lado, C80 presenta un coeficiente de correlación interclase con un grado de acuerdo substancial ( $0,6 < ICC \leq 0,7$ ), mientras que el grado de acuerdo para C50 es moderado ( $0,4 < ICC \leq 0,6$ ).

Tabla 6 – Estadística de fiabilidad y correlación interclase (C80 y C50)

	<b>Alfa de Cronbach</b>	<b>Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados</b>	<b>Índice de correlación intraclase (medidas únicas)</b>
T30	0,858	0,869	0,668
EDT	0,816	0,828	0,597

### 3 Conclusiones y discusión

A la vista de los resultados obtenidos, se puede determinar que en el entorno singular estudiado los parámetros temporales T30 y EDT presentan una mayor variación en función de la ubicación de la fuente y los receptores que los parámetros energéticos C80 y C50, en contraste con los resultados habituales en salas y recintos cerrados [2]. Por ello, en este entorno singular ha resultado conveniente realizar la calibración del modelo acústico con los parámetros C80 Y C50.

Las simulaciones acústicas realizadas con ambos software, reproducen adecuadamente el comportamiento de los parámetros energéticos C80 y C50. Por otro lado, se puede observar que los resultados de los parámetros T30 y EDT se ajustan mejor a la medición a medias y altas frecuencias, mientras que a bajas frecuencias existe una mayor variación, lo que es acorde con los resultados obtenidos por D. Paini y col. en su estudio acústico realizado un entorno abierto [3].

#### Agradecimientos

Este estudio ha sido subvencionado por el Ministerio de Ciencia e Innovación a través de los proyectos de investigación BIA2012-36896 y BIA2016-76957-C3-3-R. Asimismo, agradecemos a la Catedral de Valencia su colaboración en el proceso de medida.

#### Referencias

- [1] E. Díaz, A. Pastor, R. Fraile, J. López, R. Fayos, R. San Martín, M. Galindo, J. Segura, S. Cerdá, M. Arana, R. Cibrián y A. Giménez, Simulación acústica de un evento singular en un entorno abierto: el Tribunal de las Aguas de la Huerta de Valencia, *Tecniacústica*, Faro, 2020.
- [2] R. Montel, A. Giménez, S. Cerdá, J. Segura, R. Cibrián y A. Barba, Influencia de la localización de la fuente sonora en los parámetros acústicos en la Catedral Metropolitana de Valencia, *Proceedings de Acústica*, 2012.
- [3] D. Paini, J. Holger Rindel, A. Christian Gade y G. Turchini, The acoustics of public squares/places: a comparison, *Inter-noise*, Praga, 2004.