

## **MAPA ESTRATÉGICO DE RUIDO DEL CAMPUS UNIVERSITARIO DE TEATINOS (MÁLAGA)**

**REFERENCIA PACS: 43.50.Sr**

Perea Pérez Francisca<sup>1</sup>; Nava Baro Enrique<sup>1</sup>; Cueto Ancela, José Luis<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería de Comunicaciones. ETSI de Telecomunicación.

Campus de Teatinos, Universidad de Málaga. 29071 Málaga (España).

email: [f.pereaperez@gmail.com](mailto:f.pereaperez@gmail.com); [en@uma.es](mailto:en@uma.es);

<sup>2</sup>Laboratorio de Ingeniería Acústica. C.A.S.E.M .Campus Río San Pedro, Universidad de Cádiz,  
11510 Puerto Real (Cádiz) Tel/Fax: 956 016 051 [joseluis.cueto@uca.es](mailto:joseluis.cueto@uca.es);

### **ABSTRACT**

This paper presents a specific and highly detailed Strategic Noise Mapping of Campus of Teatinos, the main university campus in the city of Málaga. This area must be considered as an special protection zone with a different traffic climate which requires a specific study at higher detail. In this paper, it's presented the methodology, step by step, as well as the calibration procedures required to verify the accuracy of the mapping results. Finally, it can be obtained the noise affection for the Campus de Teatinos zone, allowing the design of future action plans to mitigate the actual noise situation.

### **RESUMEN**

Este trabajo desarrolla un Mapa Estratégico de Ruido específico y detallado del Campus de Teatinos, la principal zona universitaria de Málaga, por ser considerada un área de especial protección dentro de la ciudad y con un clima de tráfico especial que requiere de un estudio específico y en mayor detalle. En él se describe la metodología seguida paso a paso así como los procedimientos de calibración del Mapa que verifican los resultados obtenidos. Finalmente se da a conocer la afección sonora a la que está expuesta el área de estudio, permitiendo, por tanto, el establecimiento futuro de planes de acción que solventen la situación acústica existente.

## INTRODUCCIÓN.

Gracias al nuevo marco legislativo derivado de la Directiva 2002/49/CE, la problemática de la contaminación acústica ha adquirido un papel relevante, por su relación directa con la calidad de vida en las ciudades. Siendo conscientes de los efectos nocivos que puede causar el ruido, se ha optado por su gestión y control a través de los Mapas Sonoros.

El actual proyecto tiene como objetivo principal desarrollar el Mapa Estratégico de Ruido de la zona universitaria de Teatinos en Málaga, por ser considerada un área que requiere especial protección y por tanto necesita un estudio pormenorizado de mayor precisión que complementa al Mapa de Ruido de la ciudad de Málaga (20 de diciembre de 2007).

## ELABORACIÓN DEL MAPA ESTRATÉGICO DE RUIDO.

Se trata de un estudio en detalle de la zona universitaria de Teatinos y por tanto requiere de una mayor precisión, por ello el Mapa de Ruido se realizará a escala de 1/5000 tal y como se estipula en la Fase B de elaboración de Mapas de Ruido.

La metodología de elaboración del mismo es acorde con el llamado método híbrido [1] que consiste en realizar un conjunto de medias acústicas como apoyo a los Mapas de Ruido obtenidos mediante software de predicción. De esta manera se puede calibrar y contrastar los valores obtenidos del Mapa de Ruido respecto a los valores reales presentes en la zona de estudio.

En la Figura 1 se puede ver el esquema de elaboración del Mapa.

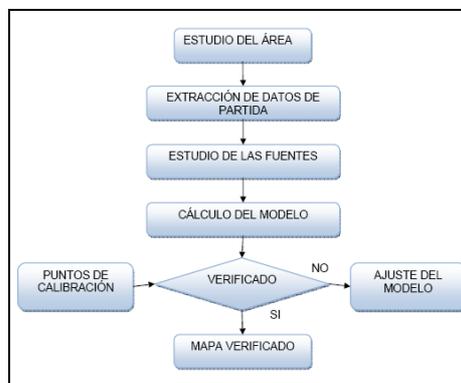


Figura 1. Diagrama de bloques del desarrollo del Mapa estratégico de Ruido.

A continuación se irá detallando cada uno de los pasos a seguir para la obtención final del Mapa Estratégico de Ruido.

### Descripción General de la Zona de Estudio

El Campus Universitario de Teatinos, perteneciente a la Universidad de Málaga, está vertebrado en torno al Bulevar Louis Pasteur y junto a la carretera A-357, cerca del barrio de Teatinos, en el distrito del Puerto de la Torre. En este Campus se encuentra la mayor parte de las facultades, escuelas universitarias y otras instalaciones de la universidad. Además está equipado con zonas de aparcamiento y zonas verdes.

Actualmente el Campus de Teatinos se encuentra en proceso de expansión y cambio ya que no sólo se va a ampliar el Campus con el progresivo traslado del resto de instalaciones del

Campus de El Ejido y otras zonas de la ciudad, sino que se están llevando a cabo las obras del metro, que se prevé tenga en total cinco paradas en la zona de Teatinos.

Puesto que se trata de una zona universitaria, no existen residentes permanentes en las edificaciones, a excepción de los internos en el Hospital Clínico Universitario Virgen de la Victoria y zonas residenciales colindantes. Sin embargo durante el periodo de día y tarde (únicos periodos objetos de estudio en el mapa), existen alumnos que ocupan todas las edificaciones del campus. Por ello serán estos los considerados “residentes” afectados en la zona, y que corresponden mayoritariamente a los universitarios matriculados en la UMA que ascienden actualmente a 32.409 alumnos.

#### **Datos iniciales de entrada.**

En el presente estudio los datos recopilados que servirán para el diseño y caracterización del Mapa, fueron los siguientes:

**Datos básicos cartográficos.** Se trata de la Ortofoto a escala 1/5000 que permite según el Centro Nacional de información Geográfica representar Mapas en Detalle, así como las curvas topográficas de nivel existentes en el área de estudio y definidas cada 10 metros.

**Datos relativos a ruido ambiental.** Se dispone de la zonificación acústica según el PGOU de Málaga y las zonas de servidumbre acústica que provoca la Autovía A-357 tanto en periodo de día como de tarde. Estos datos permiten conocer que la presente zona de estudio está considerada un área de uso sanitario, docente y cultural que requiere especial protección contra la contaminación acústica cuyo objetivo de calidad acústica (OCAS) es de 60 dB en el índice de día y tarde y 50 dB, en el de la noche.

En cuanto a la caracterización y descripción de las fuentes de ruido existentes, tan sólo son consideradas las infraestructuras viarias como fuentes emisoras en dicha área, ya que las obras de construcción no son una situación permanente y por lo tanto no se considera una fuente de ruido (téngase en cuenta que los Mapas de Ruido son representaciones de la situación acústica medida a largo plazo, generalmente de periodos anuales) a efectos de la legislación en cuanto a Mapas de Ruido se refiere.

**Datos básicos meteorológicos.** Dentro de las características climatológicas generales de la ciudad, podemos destacar que el clima predominante de Málaga es el Mediterráneo Subtropical. La temperatura media anual es de 18 °C, siendo aproximadamente su máxima media de 25 °C en agosto y la mínima media de 12 °C en enero. En lo referente a la humedad media se encuentra en torno al 68 %, con 43 días de lluvia al año, concentrados en los meses más fríos.

**Trabajos de Campo.** Para completar la recogida de datos iniciales, y teniendo en cuenta la importancia de los datos de entrada para los modelos de predicción acústica, ha sido necesaria la realización de trabajos de campo (desplazamiento a la zona de estudio de Teatinos). Estos trabajos se han basado principalmente en la obtención de información de altura de edificios, número de plazas en los aparcamientos de la zona, datos de aforo de vehículos en las carreteras y anchura total de estas de arcén a arcén.

En cuanto a la obtención de los datos de aforo de vehículos en las carreteras de la zona y debido a la imposibilidad de contar con aforadores de tráfico en la mayor parte de las carreteras consideradas, cabe destacar, el diseño realizado de una campaña de conteo de vehículos que permite hacer un modelo de tráfico de la zona.

Como resultado a dicho modelado se han observado tres Climas de Ruido característicos:

- El primero de ellos se corresponde con la Autovía A-357 que presenta un tráfico muy intenso fundamentalmente de origen industrial con un IMD de 34.294 vehículos y que por tanto provoca los mayores niveles de ruido en la zona.
- Posteriormente se observa el Clima de Ruido que caracteriza a las carreteras que se encuentran atravesando al Campus de manera vertical, como se puede observar en la Figura 2, y que presenta una dinámica de tráfico similar a la que podemos encontrar en cualquier carretera urbana, ya que no es sólo una vía de acceso al Campus sino también a las zonas residenciales de Teatinos y al Hospital Clínico, uno de los hospitales más importantes de Málaga.
- Por último se encuentra el Clima de Ruido característico del Boulevard Luís Pasteur (ejes viarios que atraviesan al Campus de manera horizontal) y que presentan una dinámica de tráfico claramente representativa de la vida universitaria, con momentos de máxima afluencia a primera hora de la mañana, al medio día y a última hora de la tarde.

#### **Digitalización de la zona mediante GIS.**

Es importante trabajar con un modelado de la zona, que permita obtener una representación de la misma con la precisión necesaria. En este caso y como en la mayoría de las digitalizaciones sobre fotografías en 2D, se ha elegido la representación vectorial [2], que delimita el contorno de los objetos que se desean digitalizar.

En este caso el objetivo principal ha sido no sólo la digitalización de la realidad geográfica de la zona, sino también la distinción por capas de los elementos que la componen. Esto es posible gracias al manejo de cualquier software del paquete GIS. En este caso concreto se ha digitalizado con el software ArcView GIS 3.2, consiguiendo finalmente las siguientes capas correspondientes a los edificios de la zona, área de estudio, zonificación interna, curvas de nivel y Ortofoto.

#### **Obtención del Mapa Estratégico de Ruido.**

El primer paso será trabajar con el software de predicción acústico donde serán modeladas las fuentes de ruido existentes en la zona (carreteras y aparcamientos). Posteriormente se compondrá todo el modelo, uniendo las capas digitalizadas en GIS, sobre el que se realizarán las simulaciones.

**Modelado de carreteras.** Atendiendo a los consejos recogidos en la “Guía de Buenas Prácticas” [3] para el modelado de fuentes, se han tomado las siguientes consideraciones para el actual modelado de carreteras:

- En la mayoría de carreteras se ha considerado una sola representación para ambos sentidos (ambos tenidos en cuenta), puesto que cumplen las consideraciones recogidas en el Artículo 2.18 “Determination of the number of road lanes”, a excepción de la Avenida Manuel Domínguez y la Autovía A-357.
- La Autovía A-357 ha requerido un modelado especial en detalle, debido a su importancia en cuanto a flujo de vehículos intenso y variaciones de altura que favorecen la propagación acústica. Se han modelado por separado los carriles paralelos de aceleración y deceleración con sus correspondientes desniveles. El modelo y la sección transversal (“RQ 20” y “RAS-Q-82 + 96”) se encuentra en la propia base de datos interna de CadnaA.
- En el Boulevard Luís Pasteur se han modelado por separado los carriles especiales para autobuses y los correspondientes a los vehículos comunes. Esta decisión se ha tomado, teniendo en cuenta su cercanía con los receptores más próximos y tomando en consideración diversas pruebas de simulación realizadas.

Una vez finalizado el modelado de carreteras e incluidas las capas digitalizadas en GIS, se obtiene el modelado completo de la zona en CadnaA como puede verse en la FIGURA 2.



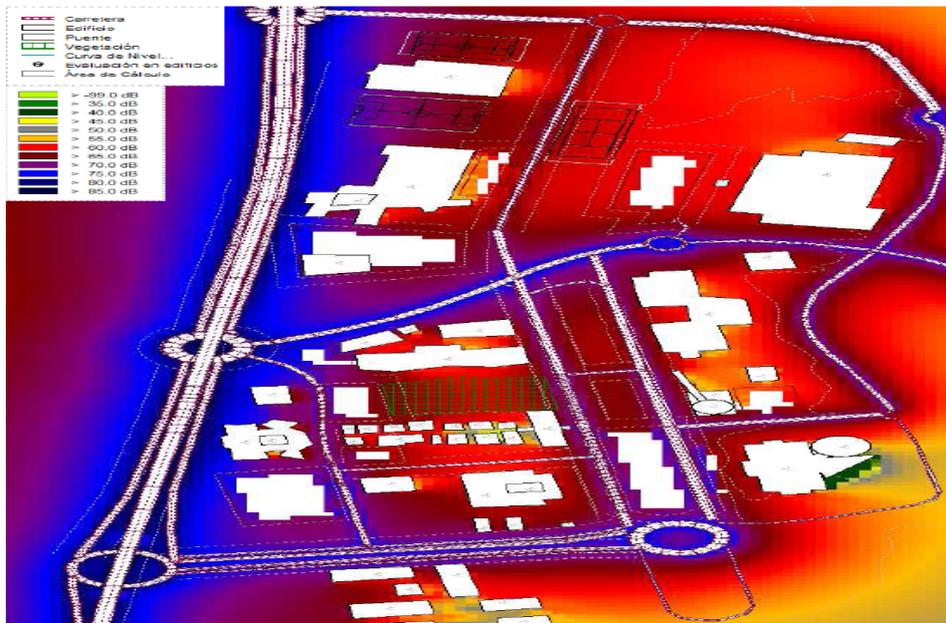
**Figura 2.** Modelado completo en CadnaA de la zona de Teatinos Málaga.

Posteriormente se introducen los datos, anteriormente recopilados, en el modelo para realizar las correspondientes simulaciones en el CadnaA.

### MAPA ESTRATÉGICO DE RUIDO DEL CAMPUS DE TEATINOS.

A continuación se muestra en la Figura 3, el mapa de niveles sonoros en el que se visualiza el cálculo de niveles sonoros en la zona de estudio a través de líneas isófonas o mediante visualización por colores normalizados en ráster, y en la Figura 4 el mapa de exposición en edificios en el que se muestra el nivel sonoro de exposición en fachadas de los edificios de la zona.

#### Mapa de niveles sonoros.

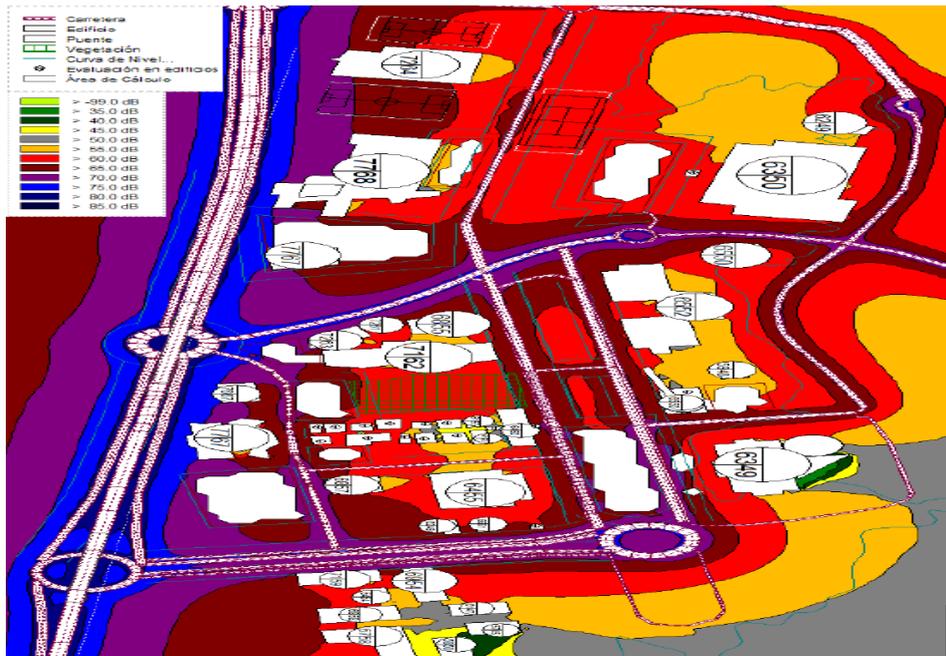


**Figura 3.** Mapa de niveles sonoros mediante visualización raster.

Como se puede observar, los niveles sonoros más elevados se encuentran en torno al eje viario principal que corresponde con la Autovía A-357, llegando a niveles máximos de más de 75 dB, como ocurre también en las dos arterias viarias principales del Campus, como son la calle Jiménez Fraud y la Avenida Doctor Manuel Domínguez. En el interior del Campus se

llegan a dar niveles mayores a 65 dB, siendo el nivel predominante correspondiente al intervalo de 60 a 65 dB.

**Mapa de exposición al ruido.**



**Figura 4.** Mapa de exposición al ruido.

Los mayores niveles de exposición en fachadas se encuentran en los edificios próximos a la A-357, siendo el mayor nivel correspondiente a 77 dB. El resto de los edificios del Campus presentan niveles de exposición en un rango de 64 a 70 dB, siendo los menos afectados, edificios como el CIMES, con índices de exposición en fachadas de 61 dB.

**CALIBRACIÓN DEL MAPA DE RUIDO.**

Una calibración, no es más que una medida “in situ” que pretende validar un resultado obtenido de forma computacional. Existen dos tipos de calibraciones para los Mapas de Ruido, que son la calibración de Emisor y la calibración de Masa.

A grandes rasgos, la Calibración de Emisor verifica el nivel sonoro emitido por un emisor concreto dentro del Mapa de Ruido, junto con las condiciones de propagación a las que está expuesto. Mientras que la Calibración de Masa pretende calibrar el nivel sonoro total al que está expuesto un punto genérico del mapa.

En el actual estudio se han realizado tres calibraciones de emisor a las carreteras consideradas más relevantes en cuanto al aforo de vehículo se refiere. Estas han sido la Autovía del Guadalhorce A-357, la calle Jiménez Fraud y la Avenida Doctor Manuel Domínguez.

Para explicar la metodología de calibración de Emisor, se mostrarán los procedimientos y resultados obtenidos en la calibración de la Calle Jiménez Fraud.

Se realizó una medida “in situ” de 5 minutos de duración a unos 10 metros de la carretera evaluada el día 22 de Abril de 2009 a las 19:20 horas. Durante la medida se controlaron los

eventos ocurridos, así como el número de vehículos que transitaban dicha carretera. Además se calibraron los instrumentos de medida y se registraron las condiciones ambientales, que en todo momento fueron adecuadas tanto en el nivel de temperatura como en la velocidad del viento.

Finalmente se obtuvo un nivel de presión sonora ponderado A medido (LAeq medido) de 60,5 dBA. A continuación se puede ver en la Tabla 1 una muestra de los resultados por banda de octava, obtenidos en la medida.

<b>F(Hz)</b>	125	250	500	1000	2000	4000
<b>LAeq (dBA)</b>	41,54	41,52	44,07	52,78	50,21	42,16

**Tabla 1.** Resultados de la medida de calibración de la Calle Jiménez Fraud, por bandas de octava.

Posteriormente ha de realizarse una simulación en CadnaA de la medida realizada, teniéndose en cuenta como único emisor la carretera evaluada, con el flujo de vehículos contabilizado durante la medida, las mismas condiciones ambientales y con un receptor situado en el mismo punto y a la misma altura en el que fue posicionado el sonómetro.



**Figura 5.** Simulación en CadnaA de la medida de calibración de la calle Jiménez Fraud.

Como resultado se obtuvo un nivel de presión sonora ponderado A simulado (LAeq simulado) de 60,3 dBA. Los resultados de simulación por bandas de octava se pueden observar en la Tabla 2.

<b>F(Hz)</b>	125	250	500	1000	2000	4000
<b>LAeq (dBA)</b>	46,5	50,5	53,5	56,2	53,2	47,7

**Tabla 2.** Resultados de medida en el punto receptor de la simulación en CadnaA.

Finalmente para validar la calibración y por tanto determinar si el modelado del emisor y las condiciones del entorno son correctas, se comparan los resultados medidos y simulados.

$$LAeq \text{ medido} - LAeq \text{ simulado} = 0,2 \text{ dB.}$$

Se trata de una calibración cuyos resultados son correctos, puesto que se cumple que la diferencia entre el nivel medido y el simulado es menor a 2 dB.

Todas las calibraciones realizadas en este estudio han resultado correctas presentando niveles similares al obtenido en la calibración de la calle Jiménez Fraud.

### ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Una vez obtenido el mapa de ruido final calibrado, hay que examinar y estudiar con mayor detalle cuál es la situación acústica que se da, tanto en el área de estudio, como en fachada de los edificios existentes en la zona.

El primer paso será evaluar las zonas que superan los objetivos de calidad acústica establecidos para el área de tipo “sanitaria, docente y cultural” [4]. Pudiéndose determinar que cualquier valor presente en el Mapa Estratégico de Ruido que supere los 60, 60 y 50 dB para los índices de día, tarde y noche respectivamente, provocará un incumplimiento de la legislación, quedando la zona de incumplimiento catalogada como “zona de conflicto”, a la cual habrán de establecerse unos planes de acción.

Las zonas de conflicto del Mapa de Ruido del Campus de Teatinos, se pueden observar, a continuación, en la Figura 5.



**Figura 6.** Zona de conflicto del Mapa Estratégico de Ruido del Campus de Teatinos.

Como se puede observar, existe conflicto prácticamente en la totalidad del área de estudio. Por ello y con el fin de establecer las áreas de conflicto prioritarias, se señalan a continuación en la Figura 6, las áreas cuya diferencia entre el nivel existente y el establecido por los objetivos de calidad acústica es mayor a 10dB.



**Figura 7.** Zona de conflicto prioritaria del Mapa Estratégico de Ruido del Campus de Teatinos.

Las áreas de conflicto prioritarias resultan ser, lógicamente, las colindantes a la autovía A-357. Afectando a las facultades más cercanas a ella como son la de Ingeniería de Informática y Telecomunicación, la facultad de Turismo y Ciencias de la Comunicación, el aulario Severo Ochoa y el nuevo Rectorado.

Pero para conocer de forma precisa el conflicto en la exposición de las fachadas de edificios, ha de analizarse a partir del Mapa de Exposición del Campus de Teatinos, observando para ello los evaluadores de edificios que presentan el nivel máximo en fachada en cada uno de los edificios.

Como resultado del análisis realizado, se ha observado que existe un incumplimiento de los niveles de evaluación en fachadas de un 89% de los edificios del Campus, de los cuales tan solo un 3% están afectados con un nivel máximo de 77 dB. Si traducimos estos datos a número de personas afectadas, son 28.844 alumnos los que soportan un nivel mayor a 60 dB, de los cuales 6.157 son los más afectados (>70dB) llegando a soportar una diferencia de más de 10 dB entre el nivel actual y el establecido por legislación.

Para concluir, conviene destacar el hecho del incumplimiento de niveles tanto en el área de estudio como en fachadas de los edificios. Siendo prioritario el establecimiento de planes de acción en los casos más conflictivos señalados.

## **CONCLUSIONES**

El actual proyecto ha sido centrado en la zona Universitaria de Teatinos, que considerada como zona de especial protección requiere de un estudio pormenorizado y por lo tanto de un Mapa Estratégico de Ruido detallado.

El Mapa se ha desarrollado según una metodología que comprende no sólo la obtención de resultados acústicos sino la calibración de los mismos. Ha sido posible, por lo tanto, validar los resultados obtenidos puesto que todas las calibraciones han resultado correctas.

Finalmente tras el análisis de estos resultados, se ha llegado a la conclusión de que existe un incumplimiento de los Objetivos de Calidad Acústicos considerados en dicha área, siendo de vital importancia el establecimiento de planes zonales como primera medida en las áreas más afectadas.

## **REFERENCIAS**

- [1] J.L. Cueto, "Manual de Medidas de Ruido Ambiental", Laboratorio de Ingeniería Acústica, (Universidad de Cádiz), Octubre de 2009.
- [2] A.Sanz, "Sistemas de Información geográfica en el cartografiado acústico" en "Evaluación y Medidas Correctoras para reducir el Ruido Ambiental por Infraestructuras de Transportes y Urbano" 3ª Edición, Ciudad Real, 24-26 de Abril de 2006.
- [3] European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise, "Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure", 13 de enero de 2006.
- [4] R. Hernández, "Zonificación Acústica. Objetivos de calidad Acústica", Laboratorio de Ingeniería Acústica, (Universidad de Cádiz), 2007.