

## MAPA ESTRATÉGICO DE RUIDO DEL CAMPUS UNIVERSITARIO DE RABANALES DE LA UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

Referencia PACS: 43.50.RQ

Arroyo Mora, Azahara; Redel Macías, Maria Dolores; Cubero Atienza, Antonio J.  
Universidad de Córdoba  
Campus de Rabanales. Edificio Leonardo da Vinci. Dpto. de Ingeniería Rural. Area de  
Proyectos de Ingeniería. CP 14071. Córdoba. España. 957212222. [ajcubero@uco.es](mailto:ajcubero@uco.es)

### ABSTRACT

The Campus of Rabanales noise map, from Cordoba University, is presented. This campus is an agglomeration with a people density up to 3000 people/km<sup>2</sup>.

The actual situation analysis, the elaboration of noise digital map for this area, and the verification of the accomplishment for environmental acoustic quality in the campus, are included. A traffic model has been developed, using a novel combination of methods based on several factors. The railway axis crossing close to the campus has been considered. The main results achieved for the map was validated in different timetable bands using real measures for the several critical points.

### RESUMEN

Se presenta el mapa acústico del Campus Universitario Rabanales de la Universidad de Córdoba. Es una aglomeración, con más de 3000 personas por km<sup>2</sup>.

Comprende el análisis de la situación existente, con la elaboración del mapa digital de ruidos de la zona, y verificación del cumplimiento de la calidad ambiental del campus (ruido).

Se ha desarrollado un modelo de tráfico rodado empleando una novedosa combinación de métodos en función de factores múltiples. Se ha considerado el eje ferroviario que pasa por el campus. Los resultados obtenidos para el mapa fueron validados para diversos horarios tomando medidas en distintos puntos críticos.

### INTRODUCCION

Uno de los graves problemas que actualmente está presente en nuestra sociedad es la contaminación acústica. En la última encuesta del ECObarómetro de Andalucía, aparece como el primer problema ambiental para los ciudadanos [1].

La Organización Mundial de la Salud (OMS), define el ruido ambiental como un tema de salud pública importante, ya que más del 80% de las personas que viven en las ciudades se

encuentran sometidas a niveles superiores a los que serían recomendables [2]. Esto puede causar numerosos inconvenientes porque, a pesar de que en muchas ocasiones las personas no son conscientes de la exposición a la que se encuentran sometidas (al sufrir un proceso de adaptación progresiva que la convierte en usual), numerosos estudios demuestran que afecta a la salud, produce malestar a la población en general, o incrementa la sordera, en muchos casos a gran escala [3]. Además, situaciones de exposición reiterada pueden producir estados crónicos de nerviosismo y estrés lo que, a su vez, lleva a trastornos psicofísicos, enfermedades cardiovasculares y alteraciones del sistema inmunitario.

En este trabajo se presenta la elaboración de un mapa acústico de ruido del Campus Universitario de Rabanales de la Universidad de Córdoba (España), que se aproximará al futuro mapa estratégico de ruido que se debería haber realizado, según lo establecido en la legislación (art.14.1 de la Ley 37/2003), en la misma zona antes del 30 de junio de 2012, ya que se trata de una "aglomeración", al estar presentes más de 3000 personas por km<sup>2</sup> (Anexo VII-RD.1513/2005).

## OBJETIVOS

Como objetivos principales se pueden especificar los siguientes:

- elaboración del mapa digital de ruido del Campus Universitario de Rabanales, adaptado a la normativa legal actualmente en vigor en España, y usando metodologías y aplicaciones informáticas que respeten dichas normas.
- el estudio de los datos que éste proporcione, comparándolos con los especificados por la legislación, para cumplir con la calidad acústica ambiental que en dicha zona debe existir.

El estudio se divide en dos partes, a efectos de la situación existente. Una primera consiste en la elaboración del mapa digital de ruido de la zona, y otra segunda donde se comentará el cumplimiento o no de la calidad ambiental del campus con relación al ruido.

## DESCRIPCIÓN DE LA ZONA

El Campus Universitario de Rabanales (agroalimentario, científico y técnico), objeto de nuestro estudio, es uno de los campus universitarios de la Universidad de Córdoba. Se encuentra situado en la antigua carretera a Madrid, frente al Polígono Industrial Las Quemadas en el kilómetro 396 de la antigua N-IV. Consta de una superficie de 582.427 m<sup>2</sup>. Cuenta con un número de personas de 6.300 aproximadamente.

Entre las diferentes infraestructuras existentes en el mismo, relacionadas con sistemas de transporte, se encuentra una parada de autobuses donde varias líneas, tanto metropolitanas como interprovinciales, prestan servicio a diario. También cuenta con un apeadero ferroviario, por el que pasan tanto trenes de mercancías como de pasajeros, aparte de los accesos mediante vehículo rodado, que son los más utilizados.

La figura 1 nos muestra un plano del Campus. Está dividido en tres zonas principales que se especifican en la leyenda de la figura. Para este trabajo, se han dividido las calles en diferentes tramos, considerando un tramo al trayecto de vial que discurre entre cruce y cruce o entre cruce y bolsa de aparcamientos. El número de tramos es de 31 (figura 2).

Las carreteras principales, y por lo tanto las más transitadas por vehículos, se sitúan rodeando a la parte central del Campus. También encontramos algunas de forma radial a éste, dando acceso a las zonas más periféricas. En su gran mayoría son de doble sentido con excepción de los tramos 30, 29, 28, 27 y 26.



- Edificios administrativos y representativos.
- Edificios docentes y de investigación.
- Instalaciones deportivas.
- Instalaciones complementarias.

Figura 1. Plano del Campus Universitario de Rabanales.

## INSTRUMENTACIÓN Y SOFTWARE

Los sonómetros utilizados para la realización de las medidas son modelo 2250 Light de la marca Brüel & Kjaer. Son sonómetros de Tipo 1 por precisión de medida. El calibrador sonoro es modelo 4231 de la marca Bruel & Kjøer. La estación meteorológica es marca *Trust, Science, Innovation* (TSI), modelo es 9545/9545-A. El GPS es marca Garmin modelo eTrex. Todos ellos cumplen toda la normativa necesaria nacional e internacional. La aplicación de creación de mapas acústicos utilizada es CadnaA. Permite usar herramientas CAD para adaptación de planos. En el estudio que nos ocupa, se ha elegido importar los archivos desde herramientas CAD, ya que es el formato en el que estaba disponible por parte de la Unidad Técnica de la Universidad de Córdoba.

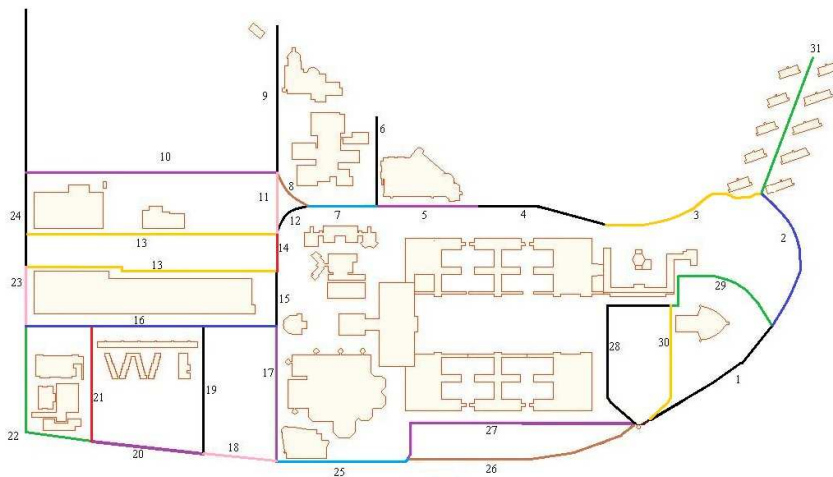


Figura 2. Distribución de tramos de viales de circulación en el Campus.

## METODOLOGÍA

### Elaboración del Mapa de Ruido

En el campus, las fuentes de ruido más representativas, y por tanto las que se han tenido en cuenta, son dos fuentes lineales: carreteras y ferrocarriles. No se han considerado fuentes puntuales, como podrían ser aires acondicionados, cortacésped, sierras mecánicas, etc, al no

considerarse significativo su impacto sonoro en las zonas afectadas, debido a su ubicación y/o períodos de funcionamiento.

Se ha seleccionado en la aplicación informática, tal y como indica la legislación (RD.1513/2005), el método nacional de cálculo francés *NMPB-Routes (NMPB)*, para calcular el ruido del tráfico rodado y el método *Reken-en Meetvoorschrift Railverkeerslawaa'i'96 (SRM II)*, método nacional de los Países Bajos, para el cálculo del ruido provocado por el tráfico ferroviario.

Como datos más significativos utilizados para el cálculo del ruido generado por el tráfico rodado, tenemos la velocidad (se aplica la velocidad máxima permitida en las vías, que es de 30 km/h para todo el Campus), tipo de vehículo (ligero y pesado (carga útil 3.5 toneladas o más (norma NMPB)), y flujo de tráfico (continuo fluido: velocidad casi constante por el segmento de vía considerado). Asimismo se consideran el perfil longitudinal, el tipo de pavimento y la densidad de tráfico.

#### **Aforo de vehículos**

La densidad de tráfico ha sido introducida en cada tramo como el número de vehículos por hora, distinguiendo las franjas horarias establecidas en el RD 1513/2005 [5].

Para obtener estos datos con la suficiente fiabilidad se han usado varias fuentes de información de forma combinada, creándose así un método novedoso de estimación de estos datos:

- Instalación de aforadores, proporcionados por el Excmo. Ayuntamiento de Córdoba, para el conteo de vehículos en algunos tramos. Su ubicación y combinación de datos han permitido una fiabilidad de datos del 100%.
- Encuestas a profesores, alumnos y personal de administración (total de personas encuestadas 153), donde han comentado la ruta más habitual que realizan en el campus, tanto para entrar como para salir, y dónde suelen aparcar.
- Conteo de vehículos en los aparcamientos del Campus, en cada franja horaria.
- Instalación de cámaras *web*, en puntos estratégicos, junto con un software específico, Vitamin-d [6]. La aplicación almacena imágenes de objetos en movimiento en una zona concreta, distinguiendo si estos objetos son personas, coches, u objetos desconocidos. La ubicación principal ha sido en la cabina de seguridad de la entrada al campus, para detectar los flujos de entrada y salida de vehículos, lo que ha permitido también verificar y validar los datos de los aforadores en cuanto a la distribución de entrada y salida de vehículos por las dos vías principales. Se ha utilizado también para determinar el flujo de vehículos de los tramos 16, 17, 18, 20 y 25.

La información obtenida a partir de estas fuentes se ha combinado para alcanzar una estimación fiable de los flujos de vehículos en cada tramo.

Se comprobó que los vehículos que acceden al campus en la franja de mañana son casi el doble del número de vehículos que estaban estacionados en el momento del conteo visual. Ello quiere decir que los aparcamientos se pueden llenar varias veces en la franja horaria del período de mañana. La ubicación de las bolsas de aparcamiento se recoge en la figura 3.

#### **Aforo de trenes**

El programa CadnaA para ferrocarril, da dos vías para introducir los datos que permitan calcular la emisión de ruido generada. Por un lado se pueden introducir los espectros de emisión en banda de octava para periodo de mañana, tarde y noche, y por otro lado se puede introducir el tipo de tren, el número de vehículos (vagones), la velocidad con la que pasa por la zona de estudio, la velocidad máxima, etc. Se ha elegido la segunda opción para calcular la emisión. Todos los datos necesarios han sido suministrados gentilmente por Renfe y Adif.

#### **Validación de la simulación**

La última fase de la elaboración del mapa de ruido del Campus Universitario de Rabanales, ha consistido en su validación. Para ello, se han contrastado los índices de ruido expresados en el mismo, con medidas in situ del ruido. Para su realización se ha seguido lo dispuesto en el anexo IV, apartado 3.4 del RD 1367/2007 [7] "Procedimientos de Medición".

Por ello, y teniendo en cuenta que las fuentes significativas de ruido en el Campus de Rabanales son el tráfico y el ferrocarril, se ha optado por situar los puntos para la evaluación en las zonas de confluencia de los tramos principales, generando con ello 8 puntos de medida del ruido en las zonas más representativas. De la ubicación de los puntos en el Campus (figura 4) puede observarse que se encuentran en su totalidad en el anillo perimetral principal de circulación, y cerca de la zona de paso de trenes, por lo que se considera adecuada. En la realización de las medidas para la evaluación de los niveles sonoros, se han guardado las precauciones medioambientales especificadas en el anexo IV del RD 1367/2007). La validación de la simulación se ha realizado para las franjas horarias de mañana y tarde solamente. Se ha discriminado a la franja de noche ya que no hay actividad significativa en el Campus.

## **RESULTADOS**

Los datos arrojados por los mapas de ruido creados a partir de las dos fuentes acústicas (ferrocarriles y vehículos), indican que en la franja horaria de mañana (figura 5) es donde la afectación sonora es más elevada en el Campus, seguida de la de tarde (figura 6) y la de la noche (no se incluye este mapa por ser el menos importante por sus bajos niveles de afectación acústica). Esto es lógico si pensamos que la mayor parte de la vida universitaria se lleva a cabo en las horas centrales del día. Normalmente, el horario de clases magistrales es de 9:00 h a 14:00, mientras que por las tardes (16:00 h a 20:00 h) se suelen desarrollar las prácticas o seminarios.

En la figura 5 se observa que en las zonas de tránsito de vehículos y en las zonas próximas a las líneas de ferrocarril, se superan hasta en 9.1 dB(A), los límites establecidos por la legislación, para cumplir con los objetivos de calidad acústica (situados en 60 dB(A)). Por el contrario, en el resto del Campus no se supera dicho valor, (zona gris 50-60 dB(A), amarillo 45-50 dB(A) y verde 0-45 dB(A)). Esta situación genera que se forme un anillo alrededor de la zona central del Campus de colores rojizos, sobre un fondo de tonalidades verdes y amarillas, fundamentalmente.

En la franja horaria de tarde, la situación es diferente (figura 6). Se supera el límite establecido (60 dB(A)), en los tramos más próximos a las vías del tren (tramos 17, 25, 26 y 1) fundamentalmente, aunque también levemente en la zona del aparcamiento C (figura 3). En el receptor 5 es donde más se sobrepasa el límite, con 64.9 dB(A). Esta disminución de la presión acústica con respecto a la franja horaria anterior, es debida al cese de tránsito de los automóviles, pero no de los ferrocarriles.

El mapa que representa la situación del período de noche, únicamente muestra colores rojizos en la línea de alta velocidad. El resto del campus está representado en color verde, lo que significa que no supera el límite establecido para esta franja horaria (50 dB(A)).

Según el estudio realizado, se ha detectado que la fuente de emisión de ruido con mayor presión acústica son los ferrocarriles, con 81 dB(A). A pesar de ello, no es la mayor responsable de ruido del campus, dada la distancia existente entre las vías y el interior del mismo, y la distribución arquitectónica del campus.

La fuente de ruido que más influye en la situación sónica del Campus (en el período de mañana y de tarde), es el tráfico rodado. Genera la mayor zona de ruido: tramos 1, 2, 3, 4, 5, 7, 12, 14,15, 17, 25, 26, 27, 28, 30, 31 (figura 2). Son los tramos con mayor flujo de tráfico del Campus y con mayor número de vehículos estacionados. Esto es debido a su proximidad a los

edificios principales, los más frecuentados por la comunidad universitaria. Sin embargo, en la franja horaria de noche se puede observar que son los ferrocarriles de alta velocidad los únicos que generan ruido.

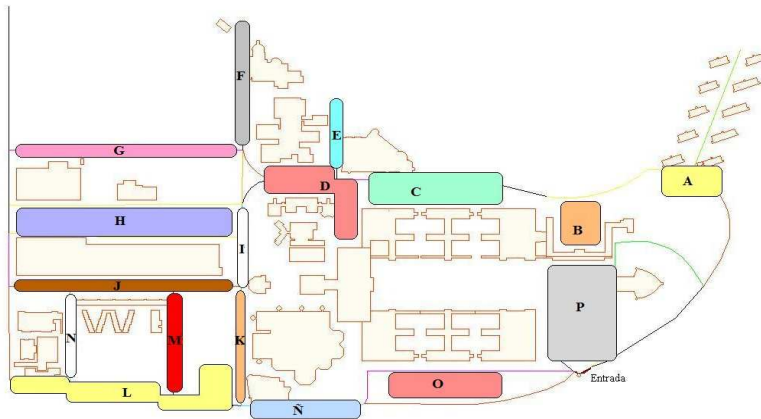


Figura 3. Distribución de bolsas de aparcamiento en el campus.

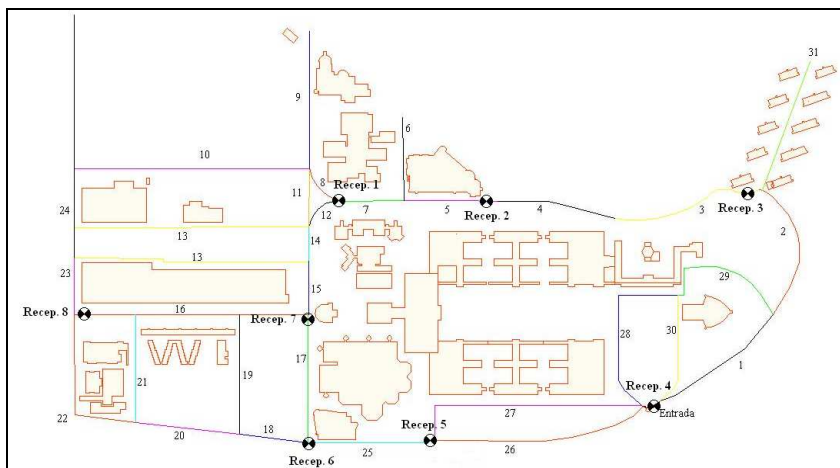


Figura 4. Ubicación de los puntos de medición real en el campus.

Si nos centramos en analizar el ruido procedente de vehículos solamente (no se muestran los mapas por falta de espacio en la comunicación), detectamos que, en horario de mañana, el índice más alto está en el tramo 4 con 65.7 dB(A). Esto se debe a que aquí se encuentra una importante bolsa de aparcamiento (aparcamiento C) (figura 3) y a que es un tramo muy reducido. En la franja horaria de tarde, el valor mayor se sitúa en el tramo 26, ya que por él pasan el 75 por ciento, del total de coches que salen del campus.

Los datos de afectación sonora expuestos en las simulaciones y comentados anteriormente, se han contrastado con los valores obtenidos de las medidas de ruido efectuadas *in situ* en el Campus, cuya realización se ha explicado anteriormente. Se puede observar que el punto de medición que mayor difiere entre la simulación y la realidad es el situado como receptor 8 (figura 4). Este punto está emplazado en el extremo oeste del tramo 16. Esto tiene su explicación en una distribución asimétrica del tráfico en ese tramo, debido a la ubicación de la entrada principal del edificio longitudinal que se sitúa en él. Exceptuando el valor del receptor 8, los demás muestran emisiones similares entre la realidad y la simulación, por lo que se puede decir que el mapa realizado mediante simulación es válido.

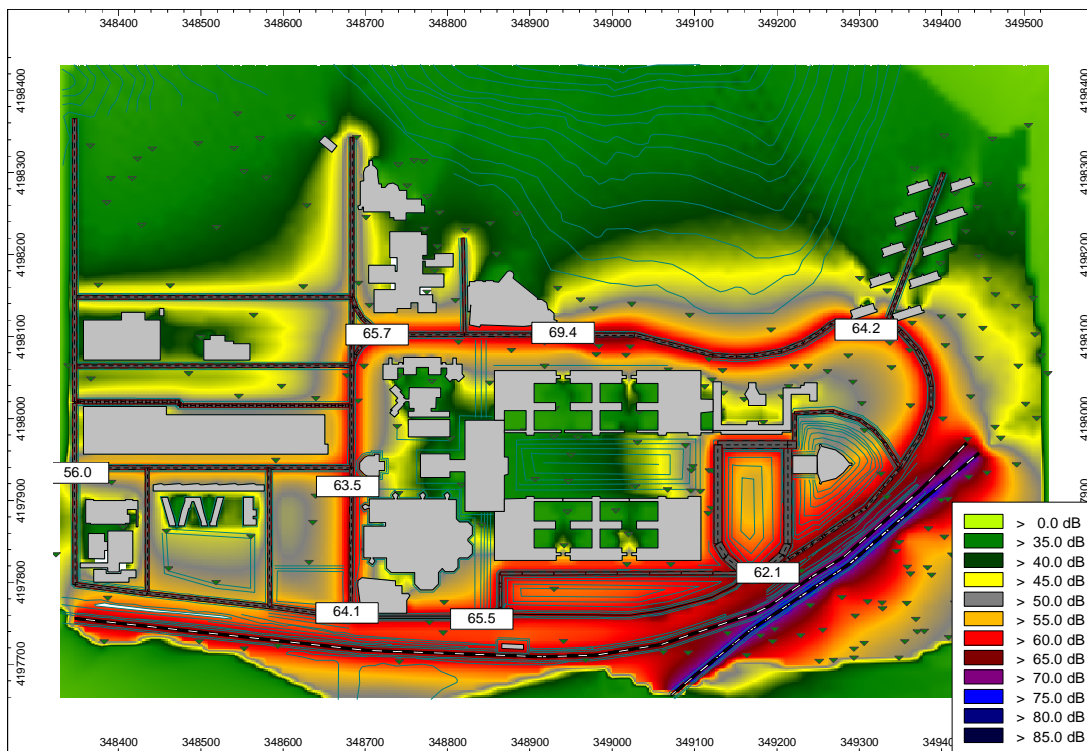


Figura 5. Mapa acústico en horario de mañana.

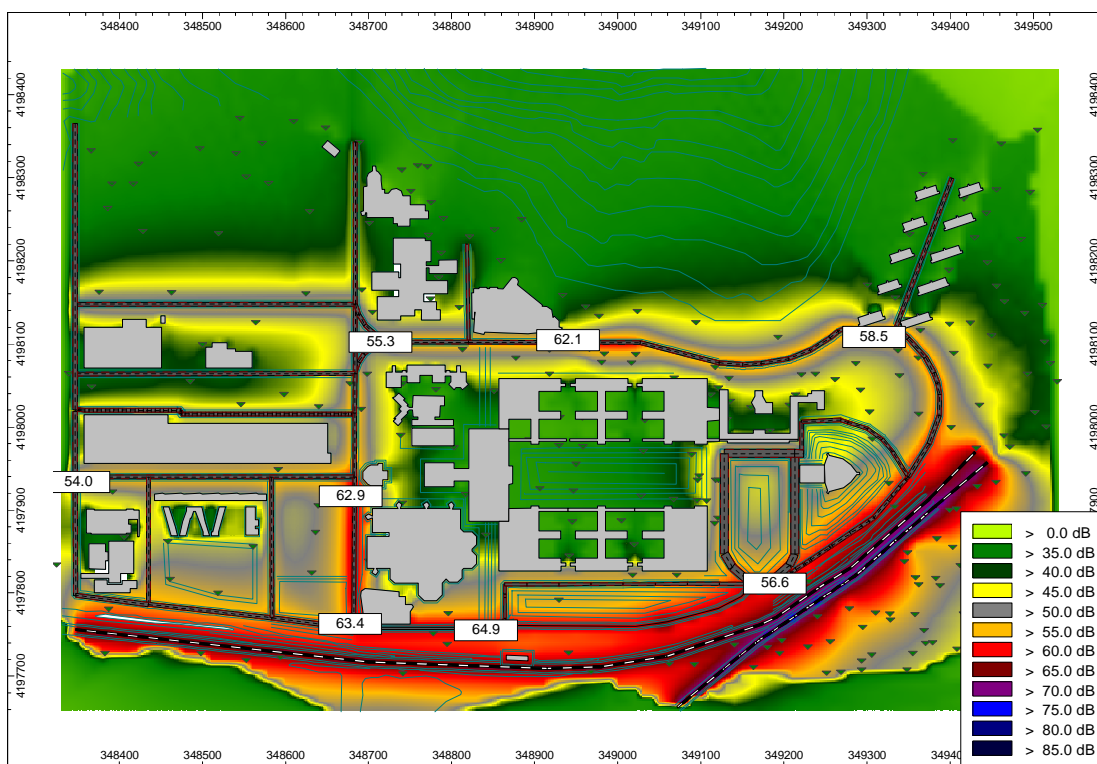


Figura 6. Mapa acústico en horario de tarde.

## CONCLUSIONES

El ruido está considerado por los miembros de la comunidad universitaria, como uno de los grandes problemas del Campus Universitario de Rabanales, situándolo dentro de los 10 mayores problemas, según las encuestas realizadas por el Servicio de Protección Ambiental de la Universidad de Córdoba.

Para su estudio, se ha optado por la elaboración del mapa de ruido. Para la obtención de los datos necesarios, se ha desarrollado un modelo de circulación de tráfico en el Campus Universitario de Rabanales, consiguiendo los datos de diferentes fuentes, para con ello mejorar la fiabilidad de los mismos. Se ha tenido en cuenta toda la normativa legal existente en sus diversos ámbitos geográficos (europeo, nacional, autonómico y local).

Se han contrastado los datos obtenidos por simulación con el programa, con medidas de ruido realizadas in situ, siendo el resultado satisfactorio. De los resultados mostrados en los mapas se extrae que existe un importante flujo de vehículos, pero no por ello el campus está sometido a un elevado grado de contaminación acústica.

Tras el análisis realizado, se puede decir que en los períodos de mañana y tarde, en el Campus Universitario de Rabanales de la Universidad de Córdoba, no se cumplen los objetivos de calidad acústica en todas las zonas, en especial en los viales de circulación y en las zonas próximas a las vías férreas, mientras que en el resto del Campus sí se cumplen. El valor medio de las diferencias entre los índices  $L_d$  de los receptores y el valor establecido por la legislación es de 5dB(A) dB(A), en el período de mañana y de 3 dB(A) en el período de tarde. En la franja horaria de noche sí se cumplen los objetivos, al no superar los 50 dB(A) en ningún punto.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] ECObarómetro de Andalucía. Dirección General de Desarrollo Sostenible e Información Ambiental. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Sevilla 2009. [www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques\\_Tematicos/Educacion\\_Y\\_Participacion\\_Ambiental/Sensibilizacion/ECobarometro/eba\\_2009\\_informe\\_sintesis.pdf](http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Educacion_Y_Participacion_Ambiental/Sensibilizacion/ECobarometro/eba_2009_informe_sintesis.pdf) (Mayo 2010)
- [2] ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. [www.euro.who.int/en/what-we-do/health-topics/environmental-health/noise](http://www.euro.who.int/en/what-we-do/health-topics/environmental-health/noise) (Mayo 2010)
- [3] Arana, Miguel; García, Amando "A Social Survey on the Effects of Environmental Noise on the Resident of Pamplona, Spain".
- [4] Europa. Directiva Europea 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental, 25 de junio de 2002. Diario Oficial de la Unión Europea, L 189.
- [5] España. Real Decreto 1513/2005, por el que se desarrolla la ley 37/2003, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental, de 16 de diciembre de 2003. Boletín Oficial del Estado, núm. 301 p. 41356.
- [6] Software Vitamin-d. <http://www.vitamindinc.com>
- [7] España. Real Decreto 1367/2007, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones, 19 de octubre de 2007. Boletín Oficial del Estado, núm. 254 p. 42952.