

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD ACÚSTICA EN LOS GRANDES PARQUES URBANOS

PACS : 43.50.Rq

Demaria Castañeda, Ignacio; Colorado Aranguren, David; Serrano Pérez, Marta; Abad Toribio, Laura.

Universidad Alfonso X el Sabio

Avenida Universidad nº1. 28691 Villanueva de la Cañada. Madrid. España

Tel.: +34 918 105 207

E-mail: idemaria@yahoo.com; dcoloara@uax.es; mserrper@uax.es; labad@uax.es

ABSTRACT

The acoustic pollution appears as an important environmental affair for cities quality indexes. Policy development attempts to assess and control noise levels through zoning, which are specified in the mapping of noise. This thematic mapping is based on numerical models, do not take into account the phenomena of sound attenuation the parks are able to generate. Urban parks are composed of multiple elements and coverages such as trees, shrubs, grasslands, earthen floors and tiled, which provide changes and different effects in sound waves.

RESUMEN

La contaminación acústica aparece como un problema importante para la determinación de los índices de calidad ambiental de las ciudades. El desarrollo normativo trata de evaluar y controlar los niveles sonoros a través de zonificaciones, los cuales se concretan en la elaboración de mapas de ruido. Esta cartografía temática se basa en modelos numéricos que no tiene en cuenta los fenómenos de atenuación acústica que los parques son capaces de generar. Los parques urbanos están compuestos de múltiples elementos y coberturas, como árboles, arbustos, praderas, pavimentos terrizos y enlosados, que de manera integral proporcionan alteraciones en el comportamiento de las ondas sonoras.

1.- MARCO NORMATIVO

Las autoridades comienzan, en el año 2002, a dar respuesta a esta nueva problemática creciente en los núcleos urbanos, para lo que se promulga la Directiva Europea 2002/49/CE, donde la contaminación acústica se posiciona como un problema relevante. Así lo ponen de manifiesto organizaciones y autoridades como la Comisión Europea o la propia Organización Mundial de la Salud, que indica que el 20% de los ciudadanos europeos están expuestos a niveles sonoros de más de 65 dB durante el día y un 30% sufren niveles superiores a los 55 dB durante el período nocturno [1].

Dicha Directiva fue transpuesta al derecho español mediante la Ley 37/2003 y desarrollada por el Real Decreto 1513/2005 en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental, en el que se introducen los conceptos de ruido ambiental y efectos, junto con las medidas para desarrollar Planes de Acción sobre la base de la elaboración de mapas de ruido, definiendo:

-) Índices de ruido L_{DEN} , L_D (day), L_E (evening) y L_N (night)
-) Metodología de cálculo
-) Especificaciones técnicas para realizar las mediciones
-) Información a recopilar para su traslado a la población y a otras administraciones de rango superior

2.- PRINCIPALES LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN REALIZADAS EN EL ANÁLISIS DE RUIDO EN EXTERIORES Y LA AFECCIÓN DE ELEMENTOS VEGETALES

Las diversas referencias bibliográficas ponen de manifiesto que se han realizado muchos trabajos e investigaciones en el área de la propagación del sonido en masas de vegetación, como las existentes en los parques urbanos, valorando entre otras, la incidencia de los diferentes tipos de especies, el efecto del suelo en la transferencia del sonido y la afección de las condiciones atmosféricas.

En lo relativo a las masas vegetales, hay que destacar los primeros estudios sobre la propagación del sonido en el interior de bosques efectuado por Eyring, en los montes de Panamá en 1946, publicados en el Journal Acoustic Society (JAS). Para ello colocó una fuente y un receptor (a 1,5 m sobre el suelo, con el fin de que fuese parecido a la altura del oído humano) dentro del bosque y sus resultados pusieron de manifiesto el concepto de “exceso de atenuación”, como una atenuación mayor o menor de la dada por la divergencia geométrica. En sus estudios tiene en cuenta como despreciables parámetros como la velocidad del viento y la temperatura, constatando que existe un exceso de atenuación debido a la propia masa vegetal, asociando dicho fenómeno con la visibilidad. Es decir, que la atenuación está relacionada inversamente con la visibilidad, medida como la facilidad de penetración y distancia a la cual un objeto ajeno al bosque, puede ser visto, por tanto, aumenta el exceso de atenuación cuando hay una menor visibilidad.

Asociado a esta línea de investigación se hallan estudios sobre la absorción del sonido por parte de la vegetación, como el realizado por W. Huisman y publicada en el JAS en 1991. Analiza específicamente la incidencia de las ramas y las acículas de pino, encontrando que el factor de mayor contribución en la atenuación del ruido es la absorción termoviscosa de las ramas y de las hojas. Que el follaje, igualmente, atenúa el sonido principalmente por la dispersión y la reflexión, y que las hojas anchas atenúan el sonido mejor que las estrechas, pero que dicha atenuación no es directamente proporcional a la cantidad de follaje.

Más recientemente hay estudios [4] que indican que en parques urbanos con árboles de 10 a 14 m de altura, la reducción acústica en su interior está en función de la profundidad y altura de la barrera que éstos suponen, produciéndose atenuaciones principalmente para frecuencias bajas, con valores de atenuación de 1dB cada 10m de profundidad. De igual modo pone de manifiesto la importancia de la posición relativa de la barrera respecto a la fuente sonora, ya que la barrera cerca de la fuente es más eficiente que otra junto a la zona a la que se desea proteger. Complementariamente se incluye el efecto protector que la vegetación supone a niveles psicológicos en cuanto a la percepción del ruido, sirviendo de pantalla visual entre la fuente y las personas afectadas.

Otras investigaciones como las realizadas [5] en el valle de Aburrá en Colombia, constatan la incidencia de las masas árboles y arbustos en la atenuación acústica del ruido del tráfico del entorno de un gran parque urbano, incluso con coberturas arbóreas del 50%, se registraron valores de los niveles medios de ruido de unos 3 dB respecto a los que no presentaban dichas masas. De igual forma, otros autores centran sus estudios en la incidencia de los diferentes tipos de pavimentos en la propagación de las ondas sonoras, es el denominado “efecto suelo”, que pone de manifiesto que el suelo actúa como un obstáculo sólido, reflejando y absorbiendo

energía. Ésta se presenta como una variable de difícil inclusión en los estudios acústicos de los parques, al existir en ellos una combinación de superficies, como terrizos, hormigonados, enlosados o las propias superficies vivas, de cespitosas.

En estudios asociados, autores como Tarrero [3] evalúan la incidencia del tipo de suelo en la propagación del sonido, junto con diversos estudios del CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas) que determinan que cuando la propagación del sonido se efectúa cerca del suelo, existen factores que aumentan la absorción respecto de la que se pueda producir a una altura mayor. Dicha atenuación extra abarca desde pocos centímetros a algunos metros, siendo una franja en la que los objetos como la vegetación, tipos de pavimentos, etc. implican pequeñas absorciones, principalmente a altas frecuencias. Ello genera que estas absorciones pueden disminuir y atenuar su nivel tonal.

Y finalmente, indicar los efectos en la propagación del sonido que supone la presencia de obstáculos, introduciéndose en los estudios los fenómenos físicos de la difracción, reflexión, absorción y transmisión.

En consecuencia, existen múltiples líneas de investigación abiertas desde hace décadas en lo relativo a todos los factores que influyen en la propagación del sonido dentro de los parques, destacando principalmente los siguientes:

- | | |
|--|---------------------------------------|
| 📍 Tipos de suelo | 📍 Topográficos |
| 📍 Vegetación (elementos arbóreos y arbustivos) | 📍 Atmosféricos |
| | 📍 Obstáculos (obra civil y naturales) |

3.- PROBLEMÁTICA DE LA MEDICIÓN DE RUIDO EN LOS PARQUES

La toma de datos acústicos en exteriores, como se ha puesto de manifiesto, incluye la influencia de numerosas variables, las cuales han de ser tenidas en cuenta a la hora de valorar los resultados obtenidos en cada uno de los puntos de muestreo.

La evaluación acústica en los parques está sometida a numerosos factores, y uno de ellos es la topografía del terreno, la cual incide directamente en la propagación del sonido. En vista de lo cual, y para poder obtener una información significativa se han de tener en consideración alteraciones como:

- | | |
|--|---------------------|
| 📍 Pendiente pronunciada | 📍 Desniveles |
| 📍 Obstáculos naturales o de obra civil | 📍 Morfología lineal |
| 📍 Apantallamientos naturales | |



Foto 1. Ejemplos que distorsionan el análisis acústico de las zonas verdes. Muros, elementos de obra civil, desniveles y apantallamientos.

Por otra parte, las mediciones dentro de los parques nos aportan información condicionada por las propias características de diseño del mismo, en cuanto a su composición de elementos como:

- 📍 Tipos de pavimentos (enlosados, terrizos, adoquinados,...)
- 📍 Vegetación, en cuanto a densidad, estado fitosanitario, especies dominantes, ejemplares arbóreos o arbustivos, etc.
- 📍 Disposición de los parterres y macizos de árboles y arbustos

De igual modo, hay que tener en cuenta la propia ubicación de los receptores del sonido, junto con las características de la fuente (puntual o lineal) en asociación a una escala temporal, vinculado a la diferente intensidad de uso de los parques por parte de los ciudadanos a lo largo del año. Igualmente, al incluir en estos estudios elementos vivos, se ponderarán los efectos de las estaciones astronómicas, las cuales tendrán afección sobre la carga de hojas (follaje más intenso en primavera y verano), teniendo una incidencia relevante en los fenómenos de atenuación acústica, como han demostrado las diferentes líneas de investigación en la materia.



Foto 2. Efectos de los cambios estacionales en la vegetación

4.- EL TRATAMIENTO DE LOS PARQUES EN LA CONFIGURACIÓN DE LOS MAPAS DE RUIDO

En la elaboración de los mapas de ruido de las ciudades se ha constatado la ausencia de variables a la hora de analizar los parques urbanos, puesto que solo se tienen en cuenta factores como la distancia, topográficos y la presencia de edificaciones.

Para evaluar la incidencia de estos espacios en la elaboración de los mapas de ruido, se ha realizado un análisis experimental con la cartografía en la ciudad de Ávila. Sobre la base del centroide o baricentro del polígono que conforma el parque, se comparan los datos registrados para ese punto, según el modelo numérico determinado en el Mapa de Ruido, con la información relativa a los decibelios registrados para el mismo período “day” (índice L_d), en el perímetro del parque, siempre teniendo en cuenta el punto más desfavorable, es decir el que presenta mayor intensidad sonora.

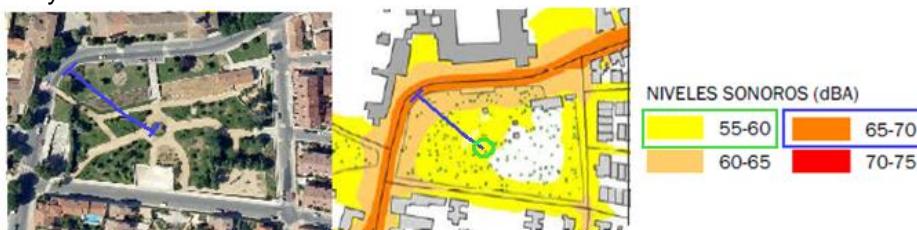


Figura 1. Criterio geométrico de elección del punto de muestreo

En este ejemplo, con la zona verde denominada “La Encarnación”, el vector se traza desde uno de los puntos del perímetro del polígono más desfavorable (color naranja con 65-70 dB) que corresponde a la calle que discurre por el borde superior del polígono, hacia el centroide del parque, punto que se tomará de referencia. En este lugar, tal y como se indica en la figura nº 1, los niveles sonoros registrados corresponden al intervalo entre 55-60 dB. Para poder analizar los datos derivados del modelo numérico se partirá de la premisa de utilizar como referencia el valor intermedio de la horquilla de resultados, es decir, para el intervalo comprendido entre 60-65, se tomará como dato para el presente estudio 62,5 dB y para el intervalo 55-60, será 57,5 dB. De igual modo, para interpretar la relación existente entre dichos puntos, se realiza la medición de la distancia entre los mismos, que en este caso es de 31 m.

Aplicando estas premisas a 28 parques de la ciudad de Ávila, obtenemos la siguiente tabla nº 1, a la que incluiremos la información de la distancia entre los dos puntos comparados. Se intenta establecer alguna correspondencia, es decir, si el modelo numérico a partir del cual se elabora el Mapa de Ruido, establece alguna relación directamente detectable. Esta selección

de parques urbanos tendrán también en cuenta los diversos factores condicionantes indicados anteriormente, obteniendo los siguientes resultados corregidos.

Denominación	Condiciones estudio acústico	Observaciones	Diferencia (dB)	Distancia (ml) *	Relación dB/ml	Relación corregida **
Santa Teresa	SI		5	23	0,2174	0,2174
Paseo del Rastro	SI		5	20	0,2500	0,2500
Av. Madrid	NO	Pendiente	10	63	0,1587	
La Encarnación	NO	Obstáculos obra civil	10	31	0,3226	
Canteros	SI		10	35	0,2857	0,2857
San Antonio	NO	Obstáculos obra civil	10	64	0,1563	
Pinar San Antonio	SI		10	35	0,2857	0,2857
La Viña	NO	Obstáculos obra civil	10	52	0,1923	
Felix Rodriguez	SI		10	43	0,2326	0,2326
Recreo	SI		10	39	0,2564	0,2564
San Vicente	SI		5	22	0,2273	0,2273
Fuente Nueva	NO	Desniveles	10	71	0,1408	
Pintor Caprotti	NO	Longitudinales	5	63	0,0794	
P. Humanidad	SI		10	52	0,1923	0,1923
Esquileo	SI		5	24	0,2083	0,2083
Lituania	NO	Apantallamiento	0	34	0,0000	
Joaquín Rodrigo	SI		10	37	0,2703	0,2703
Camino Gansino	SI		5	44	0,1136	0,1136
Constitución	SI		5	22	0,2273	0,2273
Burgohondo	SI		5	21	0,2381	0,2381
José Bachiller	NO	Obstáculos obra civil	10	31	0,3226	
Juan Pablo II	SI		5	20	0,2500	0,2500
Río Chico	SI		10	62	0,1613	0,1613
Diario de Ávila	NO	Longitudinales	5	41	0,1220	
Dalia	NO	Longitudinales	5	68	0,0735	
Derechos Humanos	SI		10	35	0,2857	0,2857
Mancebo de Arévalo	SI		10	46	0,2174	0,2174
Alí Caro	SI		10	38	0,2632	0,2632

Tabla 1. Relación entre la distancia y la atenuación acústica registrada dentro de la zona verde. Datos corregidos

* La distancia corresponde a la comprendida entre el centroide del parque y el punto del perímetro más cercano donde se registra la mayor intensidad sonora conforme a la cartografía acústica

** Se consideran los parques representativos y que cumplen las condiciones para un estudio acústico

Salvo algunas excepciones, caso de los parques denominados Camino Gansino y Río Chico, todos los polígonos analizados presentan una correspondencia muy próxima a la relación de 0,2 dB por metro lineal de distancia entre los dos puntos estudiados, con un valor medio de 0,23. Por tanto, podemos concluir que como se ha puesto de manifiesto en la tabla nº 1 existe, a priori, una correlación lineal entre ambos parámetros.

Se constata inicialmente, que los parques no son tenidos en cuenta en las simulaciones de los mapas de ruido, y únicamente se atiende a criterios de distancia y factores topográficos.

Esto queda reflejado por los resultados de la aplicación de los diferentes software de composición de cartografía acústica, donde programas como CadnaA nos pone de manifiesto

la falta de variables acústicas asociadas a la introducción de parques urbanos en sus análisis. Si utilizamos un sencillo ejemplo, se verifican los parámetros necesarios para la catalogación de un parque dentro de estas modelizaciones matemáticas, a través del análisis comparativo de una calle que discurre junto a un edificio, una pantalla acústica y un parque urbano. En primer lugar, solo podemos incorporar información relativa a su altura y en ningún momento podemos precisar datos sobre la composición estructural del parque, es decir, si se trata de un espacio de césped, dispone de arbolado, qué tipo de arbolado, su grado de frondosidad, entre otros aspectos. Por tanto, continuando con la simulación del ejemplo, la representación gráfica sería la siguiente.

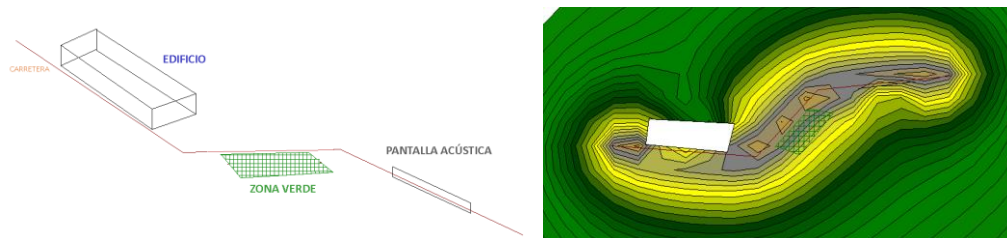


Figura 2. Vista isométrica y mapa de áreas de ruido en CadnaA de la simulación

El resultado de la generación de la malla calculada representa alteraciones notables en las isófonas en el entorno de la edificación y la pantalla, Por el contrario, el sector de la carretera cercano a la zona verde (definida en el programa como “Vegetación”) con una altura de 3 m, no implica alteraciones más allá del fenómeno de la atenuación acústica por la distancia, lo que manifiesta la falta de caracterización de este tipo de geometrías a la hora de la elaboración de los Mapas de Ruido.

Por tanto, con esta simulación podemos concluir que en la actualidad, las aplicaciones que desarrollan modelos matemáticos para la elaboración de cartografía acústica, presentan carencias en la consideración de los parques urbanos, las cuales únicamente tienen en consideración su altura, pero escasamente ponderada en los resultados finales. Es por ello que toma mayor relevancia la comparación entre el modelo y los datos experimentales tomados en campo, para poder continuar analizando las repercusiones de los parques y jardines en los efectos de atenuación acústica, al igual que sentar las bases de las líneas a seguir para la ponderación de las diferentes coberturas (praderas, árboles, arbustos, pavimentos, etc.) que configuran estos espacios.

5.- RESULTADOS DE UN PLAN DE MUESTREOS EN UN GRAN PARQUE URBANO

Para la determinación de la incidencia de un parque en el resultado de los niveles acústicos registrados, y teniendo en cuenta las dificultades existentes en la determinación de unos criterios válidos en estos espacios complejos, se procedió a establecer un programa de mediciones en diferentes puntos dentro del mismo, con el objeto de verificar mediante datos experimentales los valores registrados. Se selecciona el parque de San Antonio, de 47.330 m², un jardín consolidado con ejemplares arbóreos de importancia y una estructura desarrollada. Los 4 puntos propuestos fueron elegidos considerando lugares representativos:

- 1.- Parque abierto
- 2.- Centroide
- 3.- Parque interior
- 4.- Zona de juegos

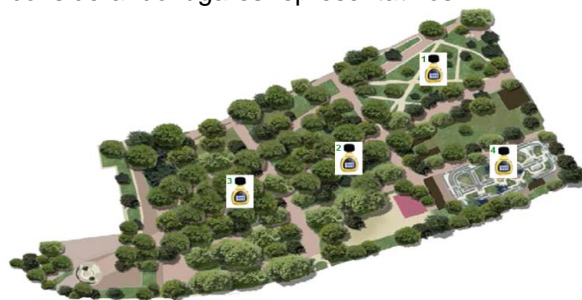


Figura 3. Planta de diseño del Parque de San Antonio.[2].

Se realizaron 12 medidas en cada punto receptor considerado, aplicando un procedimiento de muestreo consistente en la realización de una serie de medidas de L_{Aeq} dB (A), de 15 minutos cada una, en diferentes franjas horarias y épocas del año, durante un período de estudio de 8 meses.

Fecha	Día. Hora	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4
16/01/2014	Domingo.10:22h	50,2	50,7	50,1	57,4
10/02/2014	Lunes.17:49h	55,6	54,0	51,3	53,2
18/02/2014	Martes.11:20h	51,0	51,5	50,0	59,3
23/02/2014	Domingo.17:20h	51,8	51,9	48,9	60,1
12/03/2014	Miércoles.9:02h	51,3	50,3	48,8	61,9
20/04/2014	Domingo.15:31h	45,5	54,6	53,1	58,2
15/05/2014	Jueves.10:10h	52,2	50,8	52,3	51,2
19/06/2014	Jueves.11:40h	51,1	51,2	49,8	64,1
25/06/2014	Viernes.17:02h	53,5	51,2	47,2	54,6
6/07/2014	Domingo.13:57h	51,0	50,4	51,1	62,1
1/08/2014	Viernes. 16:02h	49,8	48,2	50,1	60,1
16/08/2014	Sábado. 9:00h	50,3	51,1	49,6	58,3

Tabla 2. Resultado de la serie de mediciones en campo realizadas

Todas las medidas efectuadas en este estudio se realizaron dentro de la franja horaria “day”, comenzando por el punto nº 1 y a continuación los siguientes, en condiciones meteorológicas óptimas para el buen funcionamiento de los equipos de medida utilizados y para asegurar la representatividad de éstas, según los protocolos de medida establecidos por la normativa, en especial respecto a la velocidad máxima del viento durante la medición.

Como resultado de las mediciones se obtienen los siguientes datos, donde se determinan los valores definitivos en cuanto a nivel de ruido registrado, en comparación con los niveles de presión acústica determinadas por el modelo numérico que se representan en el Mapa de Ruido de la ciudad para el indicador L_d , siguiendo los mismos criterios de utilización del valor intermedio de la horquilla de resultados.

Para su interpretación se busca un método que no penalice al ruido, la media significativa, la derivada de los 3 registros de mayor valor, desestimando el resto de datos. La diferencia contrastada en cada punto de medida con el mapa de ruido de este parque, indican que en el interior del mismo (puntos nº2 y 3) se registran atenuaciones significativas, superiores a 4 dB, frente al punto nº4, más próximo al exterior, que se ajusta a los datos del modelo numérico.

dB	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4
Promedio significativa	53,76	53,50	52,23	62,70
Datos del modelo numérico [6]	57,5	57,5	57,5	62,5
Diferencia	3,74	4,00	5,27	-0,20

Tabla 3. Comparativa de resultados

El punto nº1 localizado en un sector de menor densidad de vegetación, de igual manera registra una diferencia de 3,74 dB, asociado a las influencias de otras variables, no solo los elementos arbóreos o arbustivos, como son los pavimentos blandos (jabres y arenas) y las superficies de césped.

Por tanto, tal y como se indicó en el apartado anterior, nos encontramos ante un escenario que difiere de la homogeneidad marcada por las modelizaciones numéricas, debido a que los parques urbanos presentan una realidad particular, generando efectos atenuadores del sonido que deben de ser objeto de un mayor desarrollo y estudio en el futuro.

6.- CONCLUSIONES

El presente artículo ha puesto manifiesto que aún queda mucho por hacer en este campo, existiendo numerosos estudios desde hace décadas, que abordan la incidencia de los diferentes elementos constitutivos de los grandes parques urbanos de manera individualizada (árboles, tipo de pavimento, etc.). La necesidad de aportar información acústica sobre los parques, que constituyen espacios clave en la vertebración de la trama urbana ligado a su alta intensidad de uso por parte de los ciudadanos, se presenta como capital en una sociedad donde la información ambiental gana en importancia, y donde los niveles de ruido en las zonas verdes han sido desestimados hasta la fecha. Es por ello, que para abordar un estudio de caracterización acústica en los grandes parques urbanos es preciso adaptarnos a su casuística y para mitigar las múltiples variables existentes, se hace preciso un completo plan de muestreos a lo largo de un período prolongado de tiempo.

De igual modo, se ha constatado que este tipo de mediciones experimentales en ambientes exteriores tiene el inconveniente de que están influenciadas por un gran número de variables, vinculadas a la propagación del sonido (geométricos, condiciones meteorológicas, suelo, obstáculos, tipología de la vegetación, densidades, etc.) difícilmente controlables. Se muestra necesario el continuar en la caracterización de los grandes parques urbanos, con un mayor número de medidas, intentando aislar alguna de las variables, para poder extraer la dependencia de la propagación del sonido respecto de otras. Igualmente, es necesario mejorar la precisión de los equipos de medida, junto con la introducción de la toma en consideración del estado fenológico de los elementos vegetales, tipología y grado de compactación de los sustratos, humedad y demás factores meteorológicos, para analizar su influencia y poderlas considerar en futuros desarrollos de los modelos numéricos.

REFERENCIAS

- [1] Fernández Orcajo, J. Mapas estratégicos del ruido. Situación de la 2ª Fase. Año 2012. MER y PAR en los municipios de Castilla y León. Ponencia Jornada Técnica del CEDEX. 2012.
- [2] Santamaría Polo, T. Parques y jardines de Ávila, naturaleza organizada. Universidad Católica de Ávila. 2013.
- [3] Tarrero Fernández, A.I. Contribución al estudio de la propagación del sonido en medios con vegetación. Ponencia Techni-Acústica. 1999.
- [4] Ochoa de la Torre, J.M. La vegetación como instrumento para el control micro-climático. Universidad Politécnica de Cataluña. 1999.
- [5] Cataño, G.R. Eficiencia de una cobertura arbórea como barrera atenuadora del ruido vehicular. Universidad Nacional de Colombia. 2005.
- [6] <http://www.avila.es/areas-destacadas/urbanismo/item> Mapa Estratégico del Ruido de la ciudad de Ávila. Datos de niveles sonoros y cartografía. 2012