

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE GANDIA

Grado en Ing. Sist. de Telecom., Sonido e Imagen



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



ESCUELA POLITECNICA
SUPERIOR DE GANDIA

“ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA EN LA POBLACIÓN DE BELLREGUARD”

TRABAJO FINAL DE GRADO.

Autor:
Carlos Calero, Alejandro

Tutor:
Martínez Mora, Juan Antonio

GANDIA, 2016

Resumen

En este proyecto se lleva a cabo un estudio de la contaminación acústica de la población de Bellreguard, la cual sufre una situación especial, ya que la carretera nacional N-332 pasa por su centro. Con menor tráfico las carreteras comarcales CV-673 y CV-681 también pasan por el casco urbano.

Para ello se han llevado a cabo una campaña de medidas experimentales *in situ* y se ha generado un mapa de ruido usando el software de simulación B&K Predictor V7.10, que nos permite visualizar cómo se distribuye el ruido en la población y también es una buena herramienta para proponer cambios en la movilidad del tráfico para disminuir los niveles de ruido en la población.

Se comparan las medidas experimentales con los valores simulados y hemos comprobado si se cumplen los niveles de ruido que establece la legislación vigente, sobre todo en las zonas más sensibles donde se encuentran dos centros docentes y un centro de salud.

También se habla de la contaminación acústica en general, qué causas la producen, las características de este tipo de ruido y el efecto negativo que tiene sobre la salud y actividad de las personas afectadas.

Finalmente, hemos propuesto medidas correctoras para reducir el ruido.

Palabras clave

Sonómetro, mapa de ruido, PAM (Plan Acústico Municipal), contaminación acústica.

Abstract

This project conducts a study of noise pollution in the town of Bellreguard, which is a special case given that the national highway N-332 passes through its center. With less traffic, routes CV-673 and CV-681 also pass through the urban area.

For the purpose of the study, a set of experimental measurements have been carried out *in situ* and a sound map has been generated using a noise prediction software, B&K Predictor V7.10, which allows a visual appreciation of how the noise is distributed throughout the town and is also a good tool for suggesting urban traffic reorganizations in order to reduce noise levels in the town.

Furthermore, a comparison was made between the experimental measurements and the simulated values, also checking whether noise levels comply with those established by current legislation, above all in the most sensitive zones where education and health centers are located.

The project also addresses noise pollution in general, the causes or negligent factors that produce it, the characteristics of this type of noise, its classification and negative effects in the short- and long-term on the health and activities of the people who live under its influence.

Lastly, corrective measures for noise-reduction are proposed.

Keywords

Sound level meter, noise map, Local Acoustic Plan, noise pollution.

Índice

1.	Introducción.....	4
	Presentación del proyecto	4
2.	Objetivos.....	5
	Objetivos principales.....	5
	Objetivos secundarios.....	5
3.	Etapas del trabajo y estructura de la memoria.....	5
4.	Contaminación acústica.....	7
5.	Fuentes de ruido.....	8
	Fuentes artificiales puntuales.....	9
	Fuentes artificiales lineales.....	10
6.	Causas de la contaminación acústica.....	11
7.	Efectos de la contaminación acústica sobre la salud.....	12
	I. Efectos auditivos.....	12
	II. Efectos no auditivos.....	12
	Efectos físicos.....	12
	Efectos psicológicos.....	13
8.	Legislación.....	14
	Legislación nacional.....	15
	Legislación autonómica.....	15
9.	Metodología.....	16
	I. Medidas experimentales.....	16
	Instrumentación.....	18
	Configuración de instrumentación.....	19
	II. Simulación, software <i>Predictor V7.10</i>	19
10.	Descripciones.....	20
	La zona de estudio: Bellreguard, Valencia.....	20
	Localización de los puntos de medida.....	25
11.	Resultados.....	35
	Medidas experimentales <i>in situ</i>	35
	Simulación.....	38
	Comparación de los resultados con la normativa.....	44
12.	Propuesta de medidas correctoras.....	46
13.	Conclusiones.....	48
	Bibliografía.....	49

1. Introducción

La contaminación acústica en una población puede causar efectos adversos sobre sus habitantes, reduciendo su calidad de vida, interrumpiendo sus actividades y generando un problema en su estado de salud.

Es por ello que tiene una gran importancia determinar los niveles de ruido que sufre dicha población, ¿cuáles son las fuentes que lo generan?, ¿cómo se distribuye a lo largo de sus calles y qué medidas se pueden tomar para reducirlo?

Para tratar de solucionar este problema se establecieron tanto a nivel nacional como autonómico, legislación que fija los niveles máximos de ruido permitidos dependiendo del tipo de zona en cuestión (si es una zona residencial, industrial, docente sanitaria, etc).

Presentación del proyecto

En este proyecto se lleva a cabo el estudio de la contaminación acústica en Bellreguard. Se llevan a cabo las medidas de los niveles de ruido en los puntos estratégicos establecidos y se implementa la simulación que nos permite ver cómo se distribuye el ruido por toda la población.

Bellreguard tiene una situación especial de contaminación acústica, ya que la carretera nacional N-332 pasa por el medio del pueblo dividiéndolo en dos partes casi iguales. Veremos más adelante, cuando se habla de su caudal de tráfico, que esta carretera es especialmente ruidosa ya que por ella circula un gran volumen de tráfico, es un problema crónico y que ha ido agravándose con el paso del tiempo.

Además tienen su paso por Bellreguard las carreteras comarcales CV-673 y CV-681, las cuales tienen menor caudal de tráfico que la carretera nacional 332, pero que también tienen mucho tráfico. De estas dos, es de especial interés analizar el ruido que genera la carretera CV-681, ya que pasa cerca de una zona con dos centros escolares (IES Joan Fuster y el CEIP Gregori Maians i Ciscar) y del centro de salud de Bellreguard, zona que debe estar protegida del ruido.

Es por estos motivos que los puntos de medida experimentales y simulados se han distribuido estratégicamente para tener en cuenta el efecto que estas carreteras producen en el pueblo, además de tomar otros puntos de medida en calles principales y también en calles que representan las zonas menos ruidosas del pueblo para que se puedan comparar los niveles de ruido.

Se llevará a cabo una comparación de los resultados experimentales con los simulados y se verificará si se está cumpliendo con la legislación vigente sobre la contaminación acústica.

También se indicarán las posibles soluciones que podrían reducir el ruido y así mejorar las condiciones acústicas existentes.

2. Objetivos

Objetivos principales:

Los objetivos principales de este proyecto son el estudio de la contaminación acústica en Bellreguard para conocer el impacto que producen las principales fuentes de ruido sobre la población, que son en mayor medida la carretera N-332 y en menor medida las carreteras comarcales CV-673, CV-681 y las calles principales de Bellreguard.

Esto implicará hacer las medidas experimentales en cada uno de los puntos distribuidos a lo largo de toda la población y hacer una simulación que dará como resultado la representación gráfica de la distribución del ruido.

Observar en la simulación el ruido generado por las principales fuentes de ruido en comparación con el resto de calles del pueblo y ver cómo afecta a zonas críticas, por ejemplo el centro de salud de Bellreguard, los centros de enseñanza y las zonas residenciales.

Se compararán los resultados experimentales con los simulados y se comprobará si se cumple con la legislación vigente a nivel autonómico.

Objetivos secundarios:

Como objetivos secundarios vamos a averiguar qué tipo de efectos provoca la contaminación acústica a la población y proponer medidas que puedan solucionar este problema o reducir el ruido lo máximo posible.

3. Etapas del trabajo y estructura de la memoria

La realización de este proyecto se ha llevado a cabo en cinco fases.

➤ **Primera fase. Fase de aprendizaje:**

Se lleva a cabo la búsqueda de documentación y consulta de proyectos similares para poder adquirir los conocimientos y la metodología necesarios para realizar el resto del proyecto.

Se aprende la teoría necesaria: los conceptos sobre la contaminación acústica, se repasan los conocimientos de acústica que se adquirieron relacionados con este caso en concreto.

También se aprende el funcionamiento de las herramientas que se van a utilizar, se leen los manuales de instrucciones de los instrumentos de medida y software de simulación. Se aprende a manejar y configurar adecuadamente el sonómetro, cómo manejar el anemómetro, qué procedimientos de medida hay que seguir, como por ejemplo la colocación y orientación del sonómetro para captar adecuadamente el ruido del tráfico.

➤ **Segunda fase. Fase de planificación:**

Una vez adquiridos los conocimientos generales y básicos para realizar un estudio de contaminación acústica, se procede al estudio del caso en concreto en el que vamos a realizar el proyecto.

Se estudia la situación geográfica y los niveles acústicos actuales de Bellreguard. Se estudia la disposición de sus calles, ya que esta disposición puede afectar a la propagación del ruido.

También se procede a la identificación y localización de zonas industriales, residenciales, docentes, etc.

Se localizan las fuentes de ruido más importantes, como son el paso a través del pueblo de las tres carreteras ya mencionadas y las calles del pueblo más importantes que presentan un mayor volumen de tráfico. Para ello se ha viajado al pueblo durante distintos días visitando sus calles y haciendo una estimación visual del tráfico.

El siguiente paso es la planificación de la campaña de medidas de los niveles sonoros *in situ*, respondiendo a las siguientes cuestiones: ¿cuántos puntos de medida son necesarios y dónde situarlos?, ¿cuántas medidas es necesario realizar en cada uno de los puntos?, ¿cómo se van a distribuir los puntos de medida y en qué franjas horarias?

➤ **Tercera fase. Campaña de medidas experimentales:**

Realizamos las medidas experimentales *in situ* siguiendo el procedimiento descrito por la legislación 7/2002, de 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana. Se van registrando los datos en nuestros instrumentos de medida (niveles sonoros, velocidad del viento, temperatura, humedad relativa) y al mismo tiempo se van anotando los resultados de los caudales de tráfico en cada medida.

➤ **Cuarta fase. Simulación:**

En el software de simulación representamos la estructura arquitectónica de todo el pueblo, edificios, sus calles y carreteras, los terrenos con sus propiedades acústicas, vallas y barreras, etc. después situamos los puntos receptores que coinciden con los mismos puntos de medida de la fase anterior.

Al finalizar la simulación obtenemos la representación gráfica en dos y tres dimensiones de la distribución del ruido en toda la población, con los niveles de presión sonora codificada en colores. También obtenemos una tabla que nos indica los niveles de presión Sonora medidos en cada uno de los receptores que hemos definido en la simulación coincidente con los puntos reales de medida.

➤ **Quinta fase. Análisis de los resultados.**

Se analizan y comparan los resultados obtenidos en las fases anteriores. También comprobamos si los niveles sonoros obtenidos cumplen con la legislación vigente.

Finalmente llegamos a nuestras conclusiones y por lo tanto podemos comenzar a la búsqueda de soluciones para mitigar el ruido.

4. Contaminación acústica

“Se entiende por contaminación acústica de acuerdo con el BOE (Boletín Oficial del Estado) a la presencia en el ambiente de ruidos o vibraciones que impliquen molestia o daño para las personas, el desarrollo de sus actividades o para los bienes de cualquier naturaleza o que causen efectos significativos en el medio ambiente.” [1]

Por lo tanto, cualquier fuente que emita sonido o vibraciones en el ambiente puede causar efectos adversos para las personas y, como veremos más adelante, también para los animales. Son las características de este sonido emitido las que van a determinar si la fuente emisora está creando una contaminación acústica, ya que si este sonido es de gran intensidad puede causar daños fisiológicos y/o psicológicos en las personas y los seres vivos que estén en su rango de alcance.

No solo provoca una contaminación acústica aquella fuente que emite un sonido de gran intensidad, sino también la que emite un sonido que no es de gran intensidad pero que debido a sus características, está perturbando la actividad de las personas y/o seres vivos que le rodean. Por ejemplo: un sonido de alta frecuencia, aunque no sea de gran intensidad, puede provocar molestia en una persona y como consecuencia dicha persona no puede concentrarse en sus tareas, no puede conciliar el sueño o cualquier tipo de actividad que esté realizando.

Otro ejemplo a destacar es la contaminación acústica submarina provocada por el SONAR de barcos pesqueros o militares, que independientemente de la intensidad con la que emiten el sonido, este sonido es de la misma frecuencia con la que se comunican ciertas especies marinas, como las ballenas, que provocan en estas especies una interferencia en sus comunicaciones y por lo tanto sus periodos de apareamiento, su orientación, relaciones sociales, etc. son afectados. [2]

Como veremos más adelante, también las vibraciones que provocan motores o máquinas se consideran contaminación acústica ya que estas vibraciones están propagando un ruido que puede provocar estos efectos adversos que hemos visto anteriormente.

Para realizar un estudio de contaminación acústica el primer paso es hacer un primer diagnóstico de la situación y normalmente se lleva a cabo mediante un mapa sonoro, el cual es un mapa que indica mediante un código de colores los niveles de ruido en la zona en la que se quiere hacer un estudio de contaminación acústica. Son simulaciones que están hechas en base a unos cálculos computarizados sobre un modelo de ruido.

En algunas ocasiones los niveles de ruido se pueden mostrar por niveles de contorno que muestran las fronteras entre distintos niveles de ruido en la zona.

No es posible decir con seguridad cuáles serán los niveles de ruido en un instante de tiempo determinado. Sin embargo, cuando las fuentes de ruido están bien definidas como por ejemplo una carretera, tráfico ferroviario o aéreo, se puede determinar con mayor seguridad cuál será el nivel medio de ruido a largo plazo.

Una de las ventajas que proporciona la realización de la simulación de un mapa de ruido frente a las medidas experimentales *in situ* es que hay zonas de propiedad privada en las que el acceso puede ser difícil o no autorizado para medir experimentalmente.

Otra de las ventajas que presentan los mapas de ruido simulados es que pueden modificarse los elementos acústicos para comprobar como sería la distribución del ruido tras realizar hipotéticas modificaciones arquitectónicas, tales como la introducción de elementos que pueden usarse para mitigar el ruido, como pueden ser barreras o incluso desviaciones de caminos y carreteras. También podríamos comprobar el impacto que produciría la introducción de una nueva carretera, el aumento o disminución de la velocidad media a la que circula el tráfico, etc. Esto facilita la toma de decisiones antes de gastar el presupuesto económico en realizar modificaciones físicas en la zona. En general podemos hacer predicciones en futuras modificaciones del plan urbanístico municipal.

5. Fuentes de ruido

¿Qué es lo que provoca la contaminación acústica? En general, la contaminación acústica puede ser generada artificialmente o por causas naturales.

Nos vamos a centrar en la contaminación generada artificialmente, ya que normalmente es esta la que causa mayores efectos perjudiciales, la que suele situarse más cerca de las zonas residenciales y también la que normalmente podemos controlar su emisión.

Por ejemplo, una fuente de ruido natural puede ser la explosión de un volcán, el ruido del agua que cae desde una alta catarata, etc. y la artificial el ruido provocado por los coches que circulan en una autopista. Claramente podemos ver en estos ejemplos lo que se ha comentado: podemos controlar la emisión del ruido en la autopista cambiando su ubicación, disminuyendo la velocidad límite de los coches, etc. pero no podríamos controlar la emisión del ruido en el ejemplo del volcán. Y también en estos ejemplos vemos que es lógico que las zonas residenciales estén más cerca de las fuentes de ruido artificiales que de las naturales.

Generalmente podemos distinguir entre dos tipos de fuentes de contaminación acústica artificial: fuentes artificiales puntuales y fuentes artificiales lineales.

Las fuentes artificiales puntuales son emplazamientos fijos y las fuentes artificiales lineales son aquellas que mientras están emitiendo sonido están en movimiento.

Como ejemplos de fuentes artificiales puntuales podemos destacar: zonas industriales, aeropuertos, discotecas, bares, colegios, estadios de fútbol...

Como ejemplos de fuentes artificiales lineales tenemos: tráfico ferroviario, tráfico aéreo y tráfico rodado.

Esta distinción es interesante, ya que las características del sonido que provocan cada una de ellas son distintas. Por ejemplo una fuente artificial lineal va a provocar un efecto Doppler debido al movimiento de la fuente respecto al receptor del sonido. Mientras que una fuente artificial puntual no va a provocar este efecto.

Además, si aplicamos una simplificación geométrica a las fuentes de ruido, las fuentes artificiales puntuales van a radiar energía acústica de forma esférica, por lo que la intensidad acústica que emiten decrece bastante según nos vamos alejando de dicha fuente. De tal manera que cuando doblamos la distancia con respecto al emisor, el nivel de intensidad acústica se reduce en 6 decibelios.

Para calcular la intensidad acústica de este tipo de aproximación geométrica se utiliza la siguiente fórmula:

$$I = \frac{W}{4\pi r^2} \quad (W/m^2)$$

Donde:

I es la intensidad acústica

W es la potencia acústica en vatios.

r es la distancia en metros del receptor a la fuente.

En la aproximación geométrica para una fuente de ruido lineal, la energía sonora es radiada de forma cilíndrica, por lo que la intensidad acústica que emiten, comparado con la que emiten las fuentes de ruido puntuales, decrece a menor velocidad según nos vamos alejando de dicha fuente. En este caso, cada vez que doblamos la distancia con respecto al emisor la intensidad se reduce en 3 decibelios.

Para calcular dicha intensidad acústica se utiliza la siguiente fórmula:

$$I = \frac{W}{2\pi r} \quad (W/m^2)$$

Donde:

I es la intensidad en vatios por metro cuadrado [w/m²].

W es la potencia en vatios.

r es la distancia en metros del receptor a la fuente.

Para identificar, localizar y caracterizar las fuentes de ruido existentes, se suele usar un mapa de ruido.

¿Qué es un mapa de ruido?

Un mapa de ruido es la representación gráfica de la distribución de los niveles de sonido existentes en una región durante un periodo de tiempo definido, cuyos valores vienen representados con un código de colores.

Para generar estos mapas sonoros se utilizan herramientas software de simulación que proporcionan un alto grado de precisión.

Fuentes de ruido artificiales puntuales

Ruidos generados por obras de construcción

Estas fuentes de ruido son el ruido que proviene de la construcción de pavimentos, edificios y otras obras urbanas. Por lo tanto está caracterizado por ser un ruido que proviene de máquinas tales como martillos, compresores de aire, taladros y también por vehículos de construcción como camiones de escombros, máquinas escavadoras, etc.

Ruido industrial

Este ruido es el producido por fábricas o cualquier edificio destinados al sector industrial. Las características del ruido emitido van a venir determinadas por los distintos tipos de máquinas que se usan para la producción industrial, tales como motores, cadenas de producción, máquinas empaquetadoras, etc. también este ruido es provocado por otros vehículos como pueden ser los camiones de mercancías que transportan sus productos, montacargas, etc.

Ruido generado en zonas lúdicas y de ocio

En este tipo de zonas las fuentes de ruido provienen de establecimientos lucrativos y de ocio tales como discotecas, bares, casinos, etc. Las características del ruido generado van a ser principalmente provenientes de música y personas que pueden gritar o hablar cuando entran y salen de estos establecimientos.

Ruido generado en zonas de agricultura

El ruido generado en estas zonas puede ser el provocado por las máquinas que se utilizan para trabajar en el campo. Tales como máquinas de cosechar, tractores, motores para sacar agua de los pozos, etcétera.

Otras fuentes de ruido

Existen otras fuentes de ruido que no encajan en ninguna de las clasificaciones anteriores, tales como los talleres de reparación de automóviles, actividades de explotación minera, etc.

Fuentes de ruido artificiales lineales

Tráfico rodado

Una importante fuente de contaminación acústica es la generada por los vehículos que circulan por los centros urbanos. Las características del asfalto en este caso van a ser determinantes para la generación de ruido, ya que los vehículos generan más ruido cuando circulan por vías con baches, inclinaciones, pavimentos de adoquines o irregularidades en el asfalto.

La contaminación acústica que generan los vehículos aumenta cuanto mayor es la velocidad de circulación y puede verse incrementado en las calles estrechas y edificios altos, en que aparece un efecto cañón en el cual el ruido del tráfico reverbera. Sin embargo, como comentaremos en la sección de “*Descripción de la zona bajo estudio*”, en este tipo de estructura urbana habrá menos propagación de ruido hacia las zonas colindantes.

Tráfico aéreo

Cerca de los aeropuertos el tráfico aéreo genera una gran cantidad de ruido, ya que se vuela a una menor altura. Los motores de los aviones son una fuente de ruido muy intensa.

Tráfico ferroviario

El ruido generado por los motores de los trenes, la interacción de las ruedas con el rail, sus bocinas, el ruido aerodinámico o las operaciones en los raíles de cambio de dirección, generan un gran impacto de ruido acústico en las comunidades vecinas, así como también en los trabajadores que se encargan del mantenimiento ferroviario u otras tareas.

6. Causas de la contaminación acústica

Industrialización

Ya sea porque se construyeron plantas de producción cerca de las zonas residenciales o viceversa, a veces ocurre que hay viviendas ubicadas cerca de zonas industriales, cuya maquinaria de producción y vehículos de transporte generan una alta contaminación acústica.

Mala planificación urbana

Viviendas congestionadas, grandes familias compartiendo espacios pequeños, tráfico aéreo que vuela a baja altura sobre zonas residenciales, construcción de zonas industriales cerca de zonas residenciales y otros ejemplos similares que son debidos a una mala planificación urbana, puede ser una causa de la exposición de los habitantes a niveles de ruido inaceptables.

Eventos sociales

A veces se genera mucho ruido debido a eventos sociales, tales como bodas, fiestas, el montaje de un mercado callejero, etc. Incluso ocurre en ocasiones que se realiza un concierto cerca de zonas residenciales.

Transporte

Gran cantidad de vehículos en las carreteras, aviones volando sobre las casas, trenes que circulan cerca de las poblaciones, tranvías que circulan en su interior y otros vehículos que producen altos niveles de ruido, provocan que la muchas personas tengan que convivir con un ruido perjudicial.

Actividades de construcción

Actividades tales como minería, construcción de puentes, construcción de presas, edificios, estaciones, carreteras... ocurren casi en todas partes del mundo. Estas actividades de

construcción son necesarias y en muchos casos inevitables. Afortunadamente se llevan a cabo en un período de tiempo limitado.

Actividades domésticas

Las personas estamos rodeados de aparatos que pueden producir contaminación acústica a los habitantes que nos rodean. Aparatos tales como televisores, equipos de música, electrodomésticos, etcétera. En estos casos es importante concienciar a la población para que disminuya la generación de ruido para reducir los efectos molestos de la contaminación sonora sobre la población.

Aunque este tipo de ruido pueda parecer inofensivo, tiene consecuencias perjudiciales. Como veremos más adelante, los efectos adversos son bastante severos. No sólo es la fauna local la que puede ser afectada por la contaminación, los habitantes también se enfrentan a un número de problemas de salud causados por el ruido.

7. Efectos de la contaminación acústica sobre la salud

I. Efectos auditivos

- Problemas en la audición:

Cualquier sonido indeseado para el cual nuestros oídos no han sido capacitados para soportar, pueden causar problemas serios. Nuestros oídos pueden escuchar en un cierto rango de frecuencias sonoras e intensidades sin ser dañados. Algunos ruidos artificiales tales como bocinas, maquinaria, aviones e incluso vehículos rodados pueden ser demasiado intensos para nuestro rango de audición.

La exposición constante a niveles altos de ruido puede provocar fácilmente un daño irreversible en nuestro tímpano. También reducen nuestra sensibilidad de audición provocando pérdidas auditivas.

También la exposición a corto plazo a cualquier sonido con niveles de presión muy elevados puede provocar la rotura del tímpano y por lo tanto la pérdida de audición instantánea.

- Problemas de comunicación:

Los ruidos con intensidades elevadas pueden provocar que dos o más personas no puedan comunicarse libremente, provocando mal entendimiento entre los mismos.

II. Efectos no auditivos

Efectos físicos

- Alteración del sueño:

Los ruidos altos pueden perturbar nuestro patrón de sueño y conducir a la irritación y situaciones incómodas. Sin un buen descanso nocturno, podemos tener problemas relacionados con la fatiga y nuestra capacidad de rendimiento en el trabajo o cualquier otra actividad.

- Riesgo elevado de enfermedades cardiacas:

Niveles altos de ruido pueden contribuir a efectos cardiovasculares y provocar un incremento de enfermedades arteriales coronarias.

Niveles altos de presión en la sangre, enfermedades cardiovasculares, estrés y otros problemas cardiacos relacionados pueden ser provocados por la exposición a largo plazo el ruido. Los estudios sugieren que las intensidades altas de ruido causan una mayor presión sanguínea e incrementa la tasa de palpitaciones, de esta manera perturbando el flujo normal de la sangre.

- Efectos del ruido en la vida animal:

Dado que los animales son más dependientes del sonido, todavía se enfrentan a unos problemas mayores que los humanos. Los animales desarrollan un mayor sentido de audición que los humanos, ya que su supervivencia depende de ello.

En las zonas residenciales conviven muchas mascotas que pueden reaccionar más agresivamente cuando se les expone un ruido constante. El ruido hace que se desorientan más fácilmente y se enfrentan a problemas de comportamiento.

Efectos psicológicos

Un ruido agudo constante puede provocarnos jaquecas severas y perturbar nuestro equilibrio emocional.

El exceso de contaminación acústica de este trabajo tales como oficina, bares, incluso nuestras casas pueden pronunciar los efectos sobre la salud psicológica. Los estudios muestran que se produce un comportamiento agresivo en las personas que sufren una exposición a niveles de ruido excesivos.

A continuación se muestra una gráfica, Figura 7.1, con los niveles de ruido y cómo nos afectan físicamente:

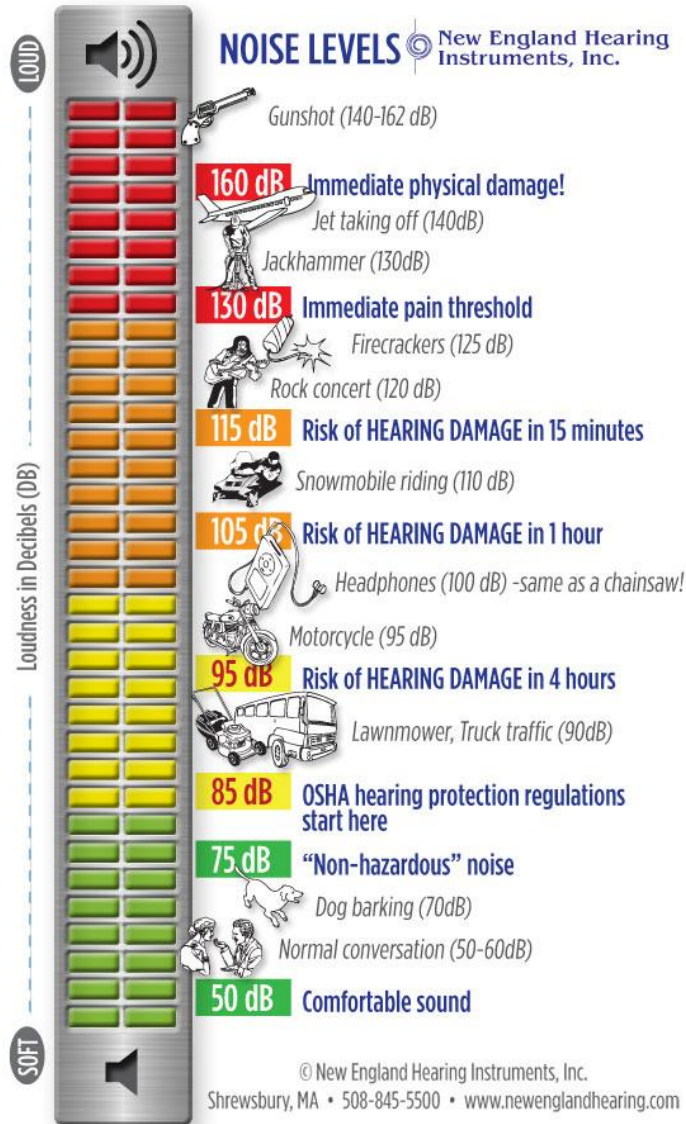


Figura 7.1 Niveles de ruido
 Fuente: New England Hearing Instruments, Inc.

8. Legislación

Estas leyes pretenden identificar las áreas más sensibles al ruido, como las zonas residenciales, de educación y sanidad, para poder protegerlas mejor de los efectos negativos que provoca la contaminación acústica. Del mismo modo permiten que las áreas de uso industrial y de ocio puedan estar más expuestas al ruido, siempre que no sea excesivo y perjudicial.

Como se puede comprobar al comparar las tablas en las siguientes dos secciones, la legislación autonómica es más restrictiva que la nacional a la hora de establecer el nivel máximo permitido de presión sonora.

Legislación nacional

La legislación nacional que se aplica a los mapas de ruido es la Ley 37/2003, y también los posteriores decretos publicados que la desarrollan (RD 1514/2005 y el RD1367/2007) son de aplicación para infraestructuras de competencia estatal.

En la siguiente Tabla 8.1, se indican los niveles máximos admisibles que establece esta normativa:

Tipo de zona acústica		Índices de ruido		
		Ld	Le	Ln
e	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso sanitario, docente y cultural que requiera una especial protección contra la contaminación acústica	60	60	50
a	Sectores del territorio con predominio del suelo de uso residencial	65	65	55
d	Sectores del territorio con predominio del suelo de uso terciario distinto del empleado en c)	70	70	65
c	Sectores del territorio con predominio del suelo de uso recreativo y de espectáculos	73	73	63
b	Sectores del territorio con predominio del suelo de uso industrial	75	75	65
f	Sectores del territorio afectados a sistemas generales de infraestructuras de transporte , u otros equipamientos públicos que los reclamen	sin determinar	sin determinar	sin determinar

Tabla 8.1 Niveles sonoros en dBA según la legislación nacional.

He destacado en negrita las palabras clave para poder interpretar la tabla a primera vista y también para facilitar la comparación con la tabla que se muestra en la siguiente sección sobre la legislación autonómica.

Legislación autonómica

Las normativas de la legislación autonómica que se aplican en este estudio en concreto es la LEY 7/2002, de 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana. Existen dos decretos posteriores que la desarrollan: el Decreto 266/2004 de 3 de diciembre y el Decreto 104/2006 de 14 de julio.

En esta ley se considera “día” al periodo de tiempo comprendido entre las 08.00 y las 22.00 horas, y “noche” al intervalo de tiempo comprendido entre las 22.00 y las 08.00 horas del día siguiente.

La tabla que indica los niveles de ruido máximos admisibles es la siguiente:

Uso dominante	Día	Noche
Sanitario y docente	45	35
Residencial	55	45
Terciario	65	55
Industrial	70	60

Tabla 8.2 Niveles de presión sonora en dBA admisibles según la legislación autonómica.

Los municipios con una población mayor de 20.000 habitantes elaborarán sus respectivos planes acústicos, que contemplarán todo el término municipal.

9. Metodología

I. Medidas experimentales:

Para poder obtener los resultados de las medidas experimentales se han seguido los pasos que indica la normativa de aplicación de la LEY 7/2002, de 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana.

Las pautas que se han seguido para cumplir con dicha normativa son las siguientes:

- Uso del sonómetro de tipo 1, que ha sido calibrado con un calibrador de tipo 1 antes y después de cada conjunto de medidas.
- Se ubicará el sonómetro *in situ* a una distancia de más de 1.5 m del suelo.
- Las mediciones en el exterior se han realizado usando una pantalla antiviento. Teniendo en cuenta que cuando la velocidad del viento supera los 3.5 m/s no se puede realizar la medición.
- El sonómetro debe estar sostenido por un trípode. Así se proporciona estabilidad durante todo el tiempo de medida y no cambia la posición del sonómetro.
- El punto de medida debe estar situado como mínimo a 1.5 metros de altura y alejado un mínimo de 2 metros de la fachada más próxima.
- La zona del punto de medida debe estar libre de superficies y objetos reflectantes. Esta medida evita que los niveles medidos sean anormalmente elevados debido a las reflexiones del sonido.
- El micrófono del sonómetro deberá orientarse hacia el foco del ruido, con una inclinación hacia arriba de 30 a 45 grados.

La instrumentación necesaria depende del propósito de las mediciones, no es necesario utilizar el mismo equipo para analizar un problema de ruido ambiental que para el caso de una máquina que emite ruido tanto por vía aérea como por vibraciones.

Los instrumentos para la medida de niveles de presión sonora vienen descritos en la Norma UNE-EN 60804, donde se especifican los distintos tipos de sonómetros, las características específicas y tolerancias para la verificación del cumplimiento de las características que se indican en la norma.

La norma UNE 74-022-81 dicta como debe de realizarse el proceso de medida. La norma indica la altura del instrumento de medida, la distancia del mismo con respecto a la fachada, la escala de ponderación a utilizar, parámetros que deben de cumplir los instrumentos para una correcta evaluación, correcciones a aplicar según la naturaleza del ruido, los niveles a medir y la determinación del nivel de ruido aconsejado según la zona que se estudia.

En la LEY 7/2002 de 3 de diciembre de la Generalitat Valenciana, se implanta el concepto de Plan Acústico Municipal (PAM), según el cual tendremos que detectar los lugares del municipio donde se superan los valores mínimos de presión sonora y proponer medidas para su reducción.

También, según los PAM's, deberemos incluir un mapa de ruido para cada zona, donde se detalle la siguiente información:

- Resultados de las mediciones acústicas con su correspondiente análisis e identificación de las fuentes que generan el ruido.
- Resultados de las mediciones acústicas de ruido de tráfico con su correspondiente identificación de calles.
- Evaluación de la situación global de cada una de las zonas.

Además, en los PAM's se debe preparar un plan de actuación en el que se contemplen las siguientes actuaciones:

- Ordenación de las actividades potencialmente ruidosas que existan en el momento de la realización del PAM y las que esté previsto implantar.
- Regulación del tráfico rodado.
- Minimización del ruido producido y de su transmisión.
- Establecimiento de sistemas de control del ruido.
- Otras y actuaciones destinadas a reducir los niveles de ruido.

En cada punto de medida se han registrado los siguientes parámetros:

➤ Parámetros meteorológicos:

Humedad relativa H (%)
Temperatura T (°C)
Presión atmosférica (hPa)
Velocidad del viento v (m/s)

➤ Parámetros acústicos:

L_{Aeq} , nivel de presión sonora equivalente
 L_{max} , nivel sonoro máximo
 L_{min} , nivel sonoro mínimo
Niveles percentiles L_1 , L_5 , L_{10} , L_{50} , L_{90} , L_{95} y L_{99}

Instrumentación

La instrumentación empleada para el cumplimiento de la normativa es la siguiente:

- Sonómetro Bruel & Kjaer. Modelo *2250 Light*.
- Micrófono prepolarizado 1/2" tipo *4950*, también Bruel & Kjaer.
- El calibrador que hemos usado es de tipo 1 de *Bruel & Kjaer de 94 dB a 1kHz*, modelo *4231*.
- Una pantalla antiviento
- Anemómetro *Testo 410-2*
- Trípode



Figura 9.1 Instrumentación empleada.

De izquierda a derecha y de arriba a abajo: Sonómetro, pantalla de viento, micrófono, calibrador y anemómetro.

La diferencia de este sonómetro utilizado con el resto de los que disponemos en el laboratorio es que este no nos permite medir el tiempo de reverberación, pero es un parámetro que no necesitamos medir en nuestro estudio ambiental. Dispone de una pantalla táctil para configurar todos los parámetros de medida.

Para medir los parámetros meteorológicos hemos usado el anemómetro *Testo 410-2* con el que podemos medir la humedad relativa H (%), la temperatura T ($^{\circ}\text{C}$) y velocidad del viento v (m/s). Para obtener los valores de la presión atmosférica hemos tenido que consultar a través de internet www.meteoclimatic.org de una estación meteorológica próxima, ya que este modelo de anemómetro no dispone de esta función de medida.

Configuración de la instrumentación:

La configuración que se utilizará para el sonómetro es la siguiente:

- Se selecciona el modo sonómetro, ya que es el más adecuado para medidas de contaminación acústica. Ponderación AC para banda ancha y C para picos.
- Corrección por pantalla antiviento.
- Modo de pantalla XL para poder visualizar el L_{Aeq} .
- Modo de respuesta Fast, tal como indica la normativa.
- Se ha seleccionado un tiempo de medida de 10 minutos.
- Obtención de percentiles, para poder realizar el cálculo de incertidumbres. En nuestro caso los niveles percentiles L_1 , L_5 , L_{10} , L_{50} , L_{90} , L_{95} y L_{99} .
- En el anemómetro solo hay que configurar las unidades en las que queremos que nos muestre las medidas.

II. Simulación

Software Predictor, V7.10

El software utilizado para obtener la simulación es *Predictor*, del fabricante Bruel & Kjaer. Hemos utilizado la versión 7.10.

Este software nos permite obtener la simulación de un mapa de ruido para poder observar los diferentes niveles de presión acústica en la zona en la que se quiera realizar el estudio y así poder comparar con las medidas experimentales. Nos permite realizar modificaciones tales como crear nuevas carreteras, añadir barreras acústicas, añadir puentes, modificar los parámetros de absorción del terreno, etc. sobre el plano a escala en el cual se está realizando la simulación.

Debido a que Bellreguard se encuentra a 24 m sobre el nivel del mar y sus calles no presentan un desnivel apreciable, es una población que fue construida sobre un terreno

prácticamente llano, hemos podido hacer la simulación construyendo los elementos de simulación que nos proporciona este software sobre el mapa de Bellreguard.

Los elementos de simulación que introducimos en este software requieren la introducción de unos parámetros que se asemejen a los medidos experimentalmente, ya que influirán en el resultado de la simulación. Estos parámetros son:

- *La cartografía de entrada:* Al software se le proporciona un plano a escala del área de estudio. Sobre este plano se van a dibujar todos los elementos acústicos que puedan afectar a la simulación.
- *Carreteras, calles y su caudal de tráfico:* Este dato se ha obtenido contando uno a uno todos los vehículos que pasaban durante el tiempo de medida. Por una parte se contaban los vehículos ligeros y por otra los pesados.
- *Las características* de cada uno de los edificios que se sitúan en la zona de estudio, como son su geometría, localización, altura y coeficiente de absorción.
- *Parámetros acústicos del terreno.* El software permite distinguir si el terreno es de asfalto (superficies reflectantes), tierra (absorción media) o vegetación (absorción alta).
- *Vallas y barreras arquitectónicas:* también se introduce las características de absorción de las mismas.

A parte de todos estos elementos, ubicamos los diferentes receptores (que coincidirán con las ubicaciones de las medidas experimentales). Finalmente definimos la zona que queremos simular.

10. Descripciones

La zona de estudio: Bellreguard, Valencia

La zona de estudio es toda la población de Bellreguard. A continuación se muestra un plano de en el que podemos ver cómo es su estructura urbana. Se indican sobre el plano los distintos tipos de zonas a destacar, entre las que se encuentran las fuentes principales de ruido y aquellas zonas que necesitan mayor protección al ruido:

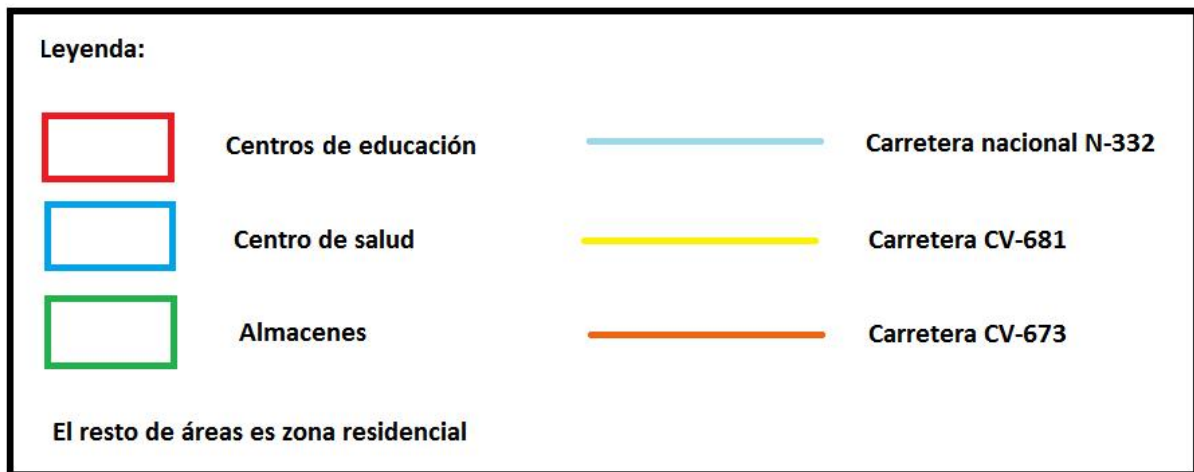
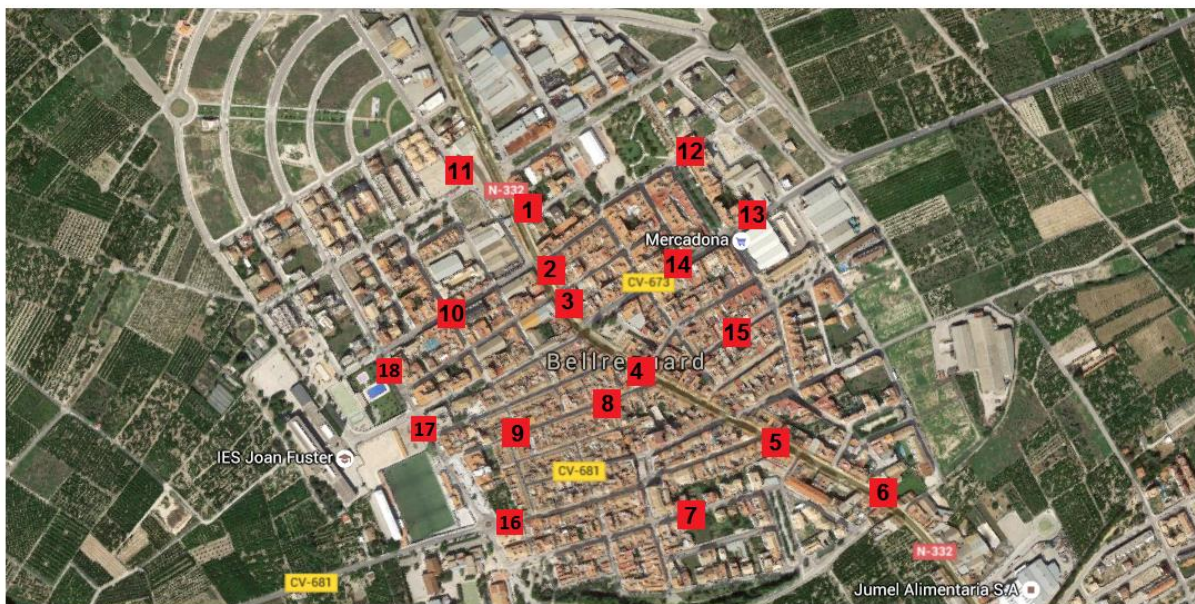


Figura 10.1 Foto de Bellreguard con las zonas y vías destacadas. Fuente: Googlemaps

Localizadas las principales fuentes de ruido junto con las zonas a proteger y las características de las zonas en el anterior plano, hemos distribuido estratégicamente los puntos de medida experimental para obtener una buena representación de la contaminación acústica en todo el pueblo. Por lo tanto hemos tomado medidas del ruido en 18 puntos distintos, tomando 3 medidas (distribuidas por la mañana, al medio día y por la tarde) en cada uno de los puntos, resultando un total de 54 medidas experimentales. En la siguiente imagen, Figura 10.2, se muestran las ubicaciones exactas de los puntos de medida:



- | | |
|----------------------------------|---------------------------------------|
| 1 Avinguda d'Alacant, 146 | 10 Calle Valencia nº 10 |
| 2 Avinguda d'Alacant, 132 | 11 Camino Vell de Gandia nº 16 |
| 3 Avenida d'Alacant, 124 | 12 Calle Pau Picasso, 11 |
| 4 Avenida d'Alacant, 73 | 13 Avenida de la Mar, 49 |
| 5 Avenida d'Alacant, 41 | 14 Avenida de la Mar, 31 |
| 6 Avenida d'Alacant, 11 | 15 Calle Palleter, 11 |
| 7 Calle la Abadía nº 25 | 16 Calle Sant Roc, 63 |
| 8 Calle Ecce-Homo nº 20 | 17 Calle Ronda dels sports, 28 |
| 9 Calle Ecce-Homo nº 70 | 18 Calle ronda dels sports, 40 |

Figura 10.2 Foto de Bellreguard con los puntos de medida. Fuente: Googlemaps .

La disposición de las calles de una ciudad y la altura de sus edificios pueden afectar a la propagación del ruido.

Por ejemplo, en una estructura urbana aleatoria y no organizada de las calles (que corresponde más a los cascos antiguos de las ciudades) el ruido va a tener una mayor dificultad para propagarse que si se dispone de una estructura más moderna, organizada en amplias calles paralelas a través de las cuales se propaga el sonido con mayor facilidad. Como se puede ver en la siguiente figura, Figura 10.3, la ciudad de Barcelona es un ejemplo claro en el que se puede ver en su casco antiguo y el moderno estos dos tipos de estructuras:

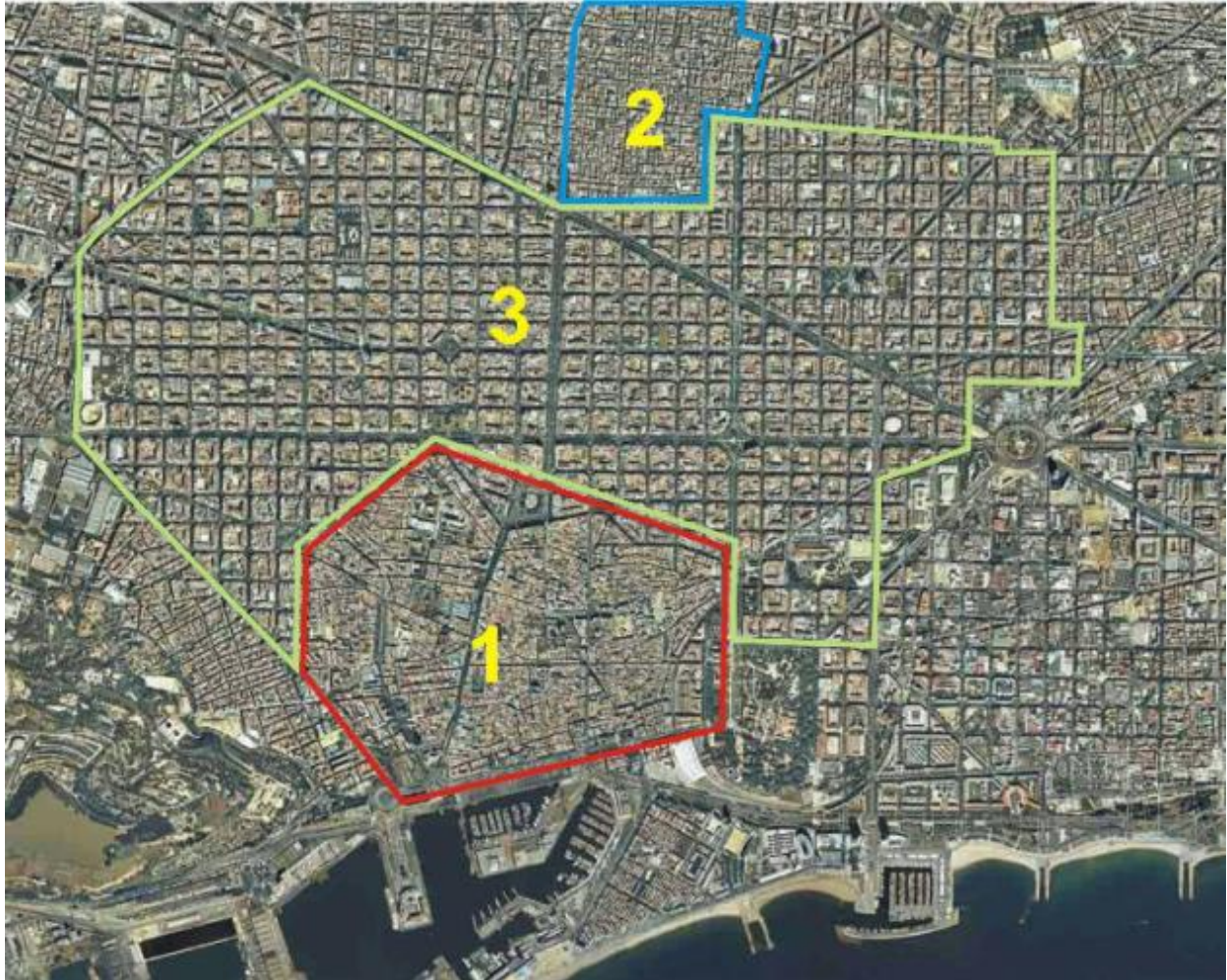


Figura 10.3 Foto de Barcelona y su planificación urbana.

En la zona número 1 se aprecia el casco antiguo, en el que el sonido sufrirá mayor atenuación al propagarse debido a sus calles estrechas, la existencia de muchas esquinas con muchos ángulos y la carencia de espacios abiertos. La zona número 3 es la zona más moderna, organizada en una geometría rectangular, con grandes y largas avenidas, en la que el sonido se propaga con menor atenuación que en el casco antiguo. La zona número dos también es moderna y es un caso intermedio, ya que a pesar de su estructura rectangular ordenada, sus calles son más estrechas que la zona tres.

En el caso de Bellreguard tenemos una disposición urbana que consiste principalmente en calles muy estrechas (incluso la carretera nacional N-332 tienen unas aceras muy estrechas) y una distribución geométrica bastante rectangular. Como podemos apreciar en la siguiente figura, Figura 10.4, todos los edificios de la población tienen una altura que oscila entre 1 y 5 pisos, predominando las alturas de 2 y 3 pisos:



Figura 10.4 Foto de Bellreguard con la altura de los edificios. Fuente de la foto de fondo: Googlemaps

En esta anterior imagen, Figura 10.4 se ha escrito la altura de todos los edificios para facilitar la introducción de los parámetros de altura en el programa de simulación. Aquellos edificios que no tienen escrita la altura son chalets y almacenes de dos pisos.

En la siguiente figura se puede apreciar mejor en tres dimensiones cómo es la distribución urbana de la población. También se ha representado con puntos negros los receptores en la simulación, cuya ubicación coincide con de las medidas experimentales:

Localización de los puntos de medida

A continuación se muestra la descripción detallada de los puntos de medida:



Figura 10.5 Imagen de Bellreguard en la simulación con los puntos de medida.

PUNTO 1

Situado en Avinguda d'Alacant nº 146, está punto está ubicado en la carretera nacional N-332. La importancia de este punto de medida y los seis siguientes es evaluar el ruido provocado por la fuente de ruido principal, ya que esta carretera presenta un caudal vehículos elevado durante una gran parte del día.



Fotos 10.1 y 10.2 Vista de la parte derecha e izquierda del punto de medición 1.

PUNTO 2

Situado en Avinguda d'Alacant nº 132, está punto está ubicado en la carretera nacional N-332



Fotos 10.3 y 10.4 Vista de la parte derecha e izquierda del punto de medición 2.

PUNTO 3

Situado en Avenida d'Alacant nº 124, está punto está ubicado en la carretera nacional N-332



Fotos 10.5 y 10.6 Vista de la parte derecha e izquierda del punto de medición 3

PUNTO 4

Situado en Avenida d'Alacant nº 73, está punto está ubicado en la carretera nacional N-332



Fotos 10.7 y 10.8 Vista de la parte derecha e izquierda del punto de medición 4

PUNTO 5

Situado en Avenida d'Alacant nº 41, está punto está ubicado en la carretera nacional N-332



Fotos 10.9 y 10.10 Vista de la parte derecha e izquierda del punto de medición 5

PUNTO 6

Situado en Avenida d'Alacant nº 11, está punto está ubicado en la carretera nacional N-332



Fotos 10.11 y 10.12 Vista de la parte derecha e izquierda del punto de medición 6

PUNTO 7

Situado en Calle la Abadía nº 25. Esta calle tiene un flujo de tráfico medio de vehículos ligeros.



Fotos 10.13 y 10.14 Vista de la parte derecha e izquierda del punto de medición 7

PUNTO 8

Situado en Calle Ecce-Homo nº 20. Está ubicado en una calle que tiene un flujo de tráfico bajo, elegido para comparar el ruido en este tipo de calles respecto a las calles con mayor tráfico y también para aumentar la cobertura de medidas en el pueblo y así poder obtener un mapa de ruido que cubra toda la población.



Fotos 10.15 y 10.16 Vista de la parte derecha e izquierda del punto de medición 8

PUNTO 9

Situado en Calle Ecce-Homo nº 70. Las características de esta calle y los motivos por los que se elije este punto son los mismos que los del punto anterior.



Fotos 10.17 y 10.18 Vista de la parte derecha e izquierda del punto de medición 9

PUNTO 10

Situado en Calle Valencia nº 10. Esta calle es una de las que más tráfico tiene del pueblo y por lo tanto era importante situar aquí este punto de medida.



Fotos 10.19 y 10.20 Vista de la parte derecha e izquierda del punto de medición 10

PUNTO 11

Situado en Camino Vell de Gandia nº 16. Esta ubicación también es una de las que más tráfico tienen del pueblo y por el mismo motivo que en el punto anterior hemos situado aquí este punto de medida.



Fotos 10.21 y 10.22 Vista de la parte derecha e izquierda del punto de medición 11

PUNTO 12

Situado en Calle Pau Picasso nº 11. Esta calle tiene un flujo de tráfico bajo. Este punto se considera para comparar con otros puntos con mayor tráfico y cubrir la zona de medida de todo el pueblo.



Fotos 10.23 y 10.24 Vista de la parte derecha e izquierda del punto de medición 12.

PUNTO 13

Situado en Avenida de la Mar nº 31. Corresponde a la carretera CV-673 y por lo tanto es importante colocar aquí este punto de medida y el siguiente.



Fotos 10.25 y 10.26 Vista de la parte derecha e izquierda del punto de medición 13.

PUNTO 14

Situado en Avenida de la Mar nº 49. Corresponde a la carretera CV-673.



Fotos 10.27 y 10.28 Vista de la parte derecha e izquierda del punto de medición 14.

PUNTO 15

Situado en Calle Palleter nº 11. En esta calle tenemos un flujo de tráfico bajo y lo elegimos para aumentar la zona de cobertura de medidas en el pueblo y para comparar con el ruido producido en otros puntos de mayor tráfico.



Fotos 10.29 y 10.30 Vista de la parte derecha e izquierda del punto de medición 15

PUNTO 16

Situado en Calle Sant Roc nº 63. Corresponde a la carretera CV-681. Este punto de medida es importante colocarlo en esta ubicación porque nos permitirá medir el ruido generado por una de las fuentes principales y también porque está cerca de una zona de educación.



Fotos 10.31 y 10.32 Vista de la parte derecha e izquierda del punto de medición 16

PUNTO 17

Situado en Calle Ronda dels sports nº 28. Además de que este punto y el siguiente nos permiten ampliar la zona de cobertura de medidas es muy importante ubicarlo en este lugar porque nos permite obtener las medidas de ruido en el centro de salud.



Fotos 10.33 y 10.34 Vista de la parte derecha e izquierda del punto de medición 17

PUNTO 18

Situado en Calle Ronda dels sports nº 40. Los motivos de su ubicación han sido explicados en el punto anterior.



Fotos 10.35 y 10.36 Vista de la parte derecha e izquierda del punto de medición 18.

11. Resultados

Medidas experimentales *in situ*

En la siguiente Tabla 11.1, se muestran los resultados de los niveles sonoros en dBA que obtuvimos en todos los puntos de medida:

Puntos de medida	LAeq (dBA) 1º medida	LAeq (dBA) 2º medida	LAeq (dBA) 3º medida
P1	76.0	75,1	71,7
P2	73,3	74,2	73,1
P3	73,8	75,6	71,6
P4	73,4	75,5	72,1
P5	74,4	76,7	73,7
P6	74,7	74,5	73,3
P7	61,4	61,2	62,2
P8	58,8	53,5	57,5
P9	53,3	53,2	57,6
P10	64.0	65,2	60,4
P11	53,5	60,3	62.0
P12	52,3	55,9	56,2
P13	65,4	65,8	70,2
P14	65,6	68,2	67,8
P15	54.0	53,3	61,5
P16	59,4	57,9	65.0
P17	61,8	62,9	63,2
P18	59,8	59,5	64,5

Tabla 11.1 Resultados de los niveles sonoros medidos experimentalmente.

A continuación, a partir de los valores de la tabla anterior, mostraremos en Tabla 11.2 el promedio de los niveles de presión Sonora en cada uno de los puntos de medida. Los valores son logarítmicos, así que para calcular el promedio tendremos que aplicar la siguiente fórmula:

$$L_D = 10 \log \left[\frac{\left(10^{\frac{L_{Aeq1}}{10}} + 10^{\frac{L_{Aeq2}}{10}} + 10^{\frac{L_{Aeq3}}{10}} \right)}{3} \right]$$

Donde el subíndice “D” significa “Día”.

En la siguiente tabla se muestra el promedio de los niveles sonoros medidos en cada punto de medida:

Puntos de medida	L _D promedio (dBA)
P1	74,6
P2	73,6
P3	74,0
P4	73,9
P5	75,1
P6	74,2
P7	61,6
P8	57,1
P9	55,2
P10	63,6
P11	59,8
P12	55,1
P13	67,7
P14	67,3
P15	58,0
P16	61,9
P17	62,7
P18	61,9

Tabla 11.2 El promedio (dBA) en cada punto de medida.

En la siguiente Tabla 11.3, se indican los caudales de tráfico en cada punto de medida:

Localización de los puntos de medida		Caudal de tráfico por hora	
Vía	Puntos de medida	Vehículos ligeros	Vehículos pesados
Avenida d'Alacant (Carretera N-332)	P 1, 2,3,4,5 y 6	1210,75	93,25
Calle la Abadía	P7	126	0
Calle Ecce-Homo	P8 y P9	38,25	0
Calle Valencia	P10	180	6
Camino Vell de Gandia	P11	106	2
Calle Pau Picasso	P12	60	0
Avenida de la Mar (carretera CV-673)	P13 y 14	434	7
Calle Palleter	P15	58	0
Calle Sant Roc (Carretera CV-681)	P16	102	0
Calle Ronda dels sports	P17 y 18	316	3

Tabla 11.3 Caudales de tráfico en cada punto de medida.

Simulación

El software de simulación, aparte de ser una representación gráfica de la distribución del ruido en toda la población, también nos proporciona una tabla con los niveles sonoros en cada uno de los receptores que coinciden con los puntos donde hicimos las medidas experimentales, tal y como ya explicamos anteriormente.

A continuación se proporciona en la Tabla 11.4 de los resultados generados por el software de simulación según la normativa autonómica:

Name	Height	Day	Night	Lden
p 1_A	1.50	79.8	66.9	78.8
p 2_A	1.50	76.9	64.0	75.9
p 3_A	1.50	78.7	65.7	77.7
p 4_A	1.50	77.6	64.6	76.6
p 5_A	1.50	78.7	65.8	77.7
p 6_A	1.50	77.8	64.8	76.8
p 7_A	1.50	64.0	54.8	64.3
p 8_A	1.50	61.4	47.8	60.3
p 9_A	1.50	61.8	48.1	60.7
p 10_A	1.50	62.8	55.4	64.1
p 11_A	1.50	65.3	58.3	66.8
p 12_A	1.50	58.6	48.2	58.4
p 13_A	1.50	71.3	57.2	70.0
p 14_A	1.50	71.0	56.8	69.7
p 15_A	1.50	62.5	49.4	61.4
p 16_A	1.50	59.2	47.9	58.7
p 17_A	1.50	64.9	56.0	65.4
p 18_A	1.50	62.7	54.0	63.3

Tabla 11.4 Resultados generados por el software de simulación según la normativa autonómica

Periodos de tiempo que se consideran según la normativa de la Generalitat Valenciana:

- Período diurno: El comprendido entre las 08.00 y las 22.00 horas.
- Período nocturno: Cualquier intervalo comprendido entre las 22.00 y las 08.00 horas del día siguiente.

A continuación se proporciona en la Tabla 11.5 de los resultados generados por el software de simulación según la normativa nacional:

Name	Height	Day	Evening	Night	Lden
p 1_A	1.50	79.8	77.2	66.9	79.4
p 2_A	1.50	76.9	74.4	64.0	76.5
p 3_A	1.50	78.7	76.1	65.7	78.2
p 4_A	1.50	77.6	75.0	64.6	77.2
p 5_A	1.50	78.7	76.1	65.8	78.3
p 6_A	1.50	77.8	75.2	64.8	77.4
p 7_A	1.50	64.0	64.0	54.8	65.3
p 8_A	1.50	61.4	59.2	47.8	61.0
p 9_A	1.50	61.8	59.7	48.1	61.4
p 10_A	1.50	62.8	69.8	55.4	67.8
p 11_A	1.50	65.3	59.3	58.3	66.6
p 12_A	1.50	58.6	57.9	48.2	59.3
p 13_A	1.50	71.3	66.1	57.2	70.2
p 14_A	1.50	71.0	65.8	56.8	69.8
p 15_A	1.50	62.5	58.0	49.4	61.6
p 16_A	1.50	59.2	62.4	47.9	61.2
p 17_A	1.50	64.9	69.0	56.0	67.9
p 18_A	1.50	62.7	67.1	54.0	65.9

Tabla 11.5 Resultados generados por el software de simulación según la normativa nacional

Donde los niveles de presión sonora vienen dados en dBA y Lden es el índice de ruido día-tarde-noche, el cual se determina a partir de la siguiente expresión:

$$L_{den} = 10 \log \left[\frac{\left(12 \cdot 10^{\frac{L_d}{10}} + 4 \cdot 10^{\frac{L_d+5}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_d+10}{10}} \right)}{24} \right]$$

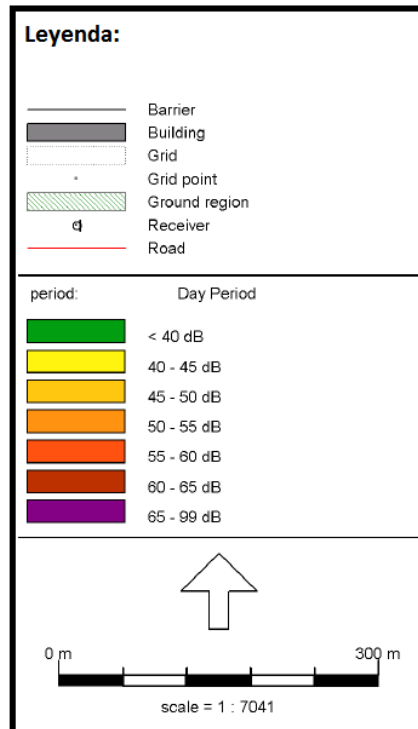
Donde:

- Ld es el nivel sonoro medio a largo plazo ponderado A, que viene determinado a lo largo de todos los períodos día de un año.
- Le es el nivel sonoro medio a largo plazo ponderado A, que viene determinado a lo largo de todos los períodos tarde de un año
- Ln es el nivel sonoro medio a largo plazo ponderado A, que viene determinado a lo largo de todos los períodos noche de un año.

Según esta normativa, al día le corresponden 12 horas, a la tarde 4 horas y a la noche 8 horas, de ahí los pesos que multiplican en la expresión anterior y la constante 24 hace referencia a las 24 horas que tiene el día.

A continuación vamos a mostrar los resultados visuales que nos proporciona la simulación, tanto en dos dimensiones como en tres dimensiones, en los cuales podemos ver cómo se distribuye el ruido en toda la población.

Para poder interpretar los resultados se proporciona en la siguiente figura la leyenda del código de colores, la cual también nos indica la escala y otros elementos de la simulación:



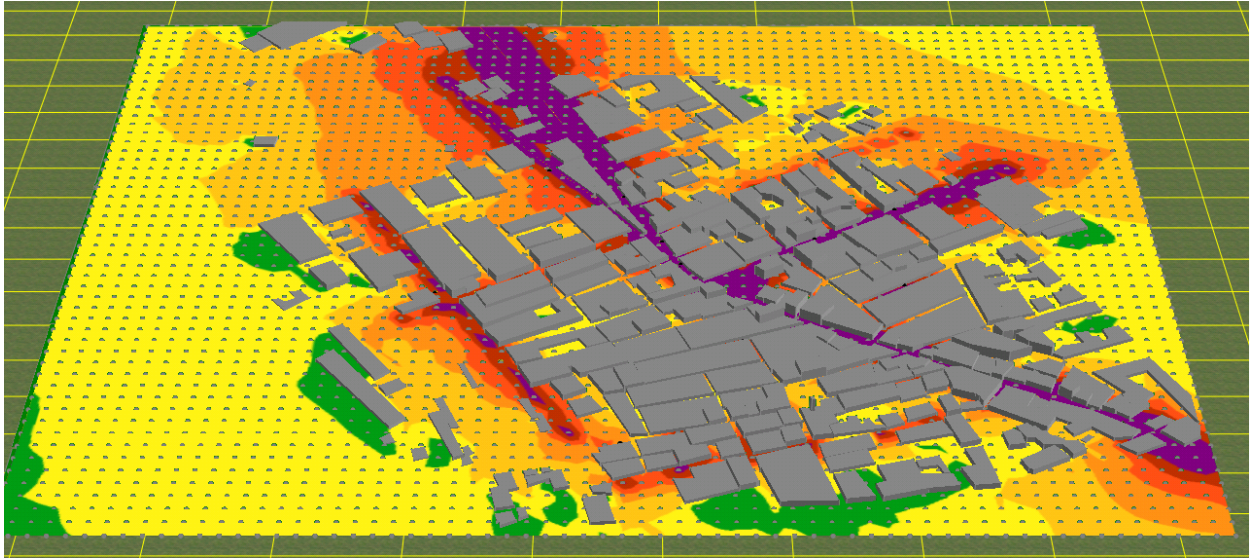


Figura 11.1 Resultado de la simulación del periodo diurno en vista 3D.

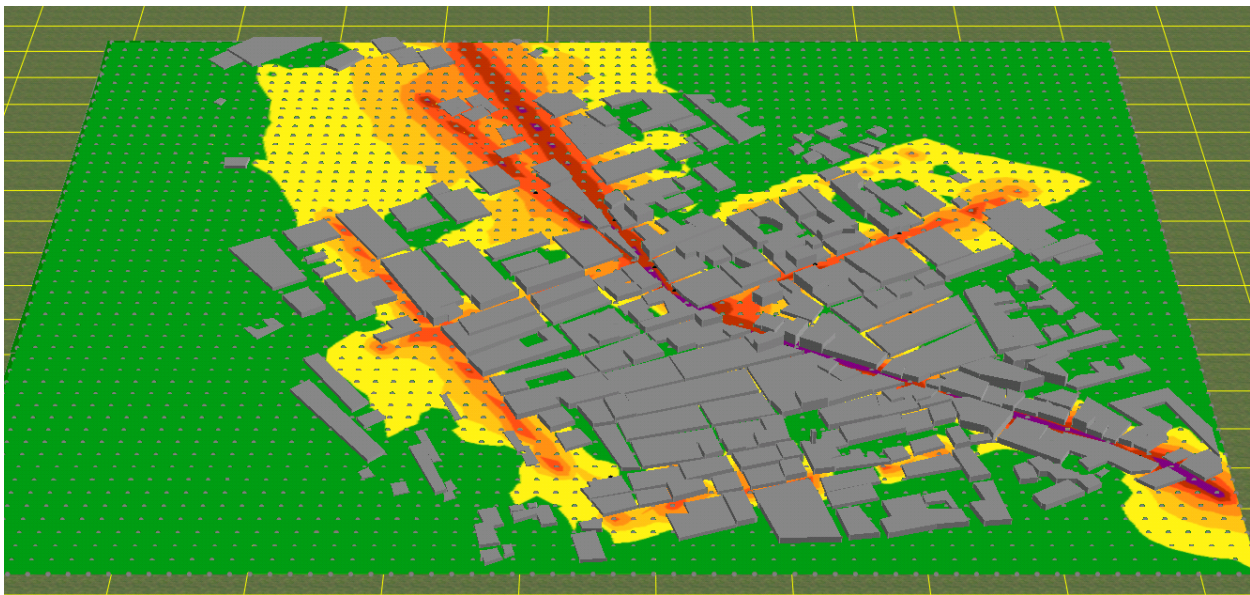


Figura 11.2 Resultado de la simulación del periodo nocturno en vista 3D.

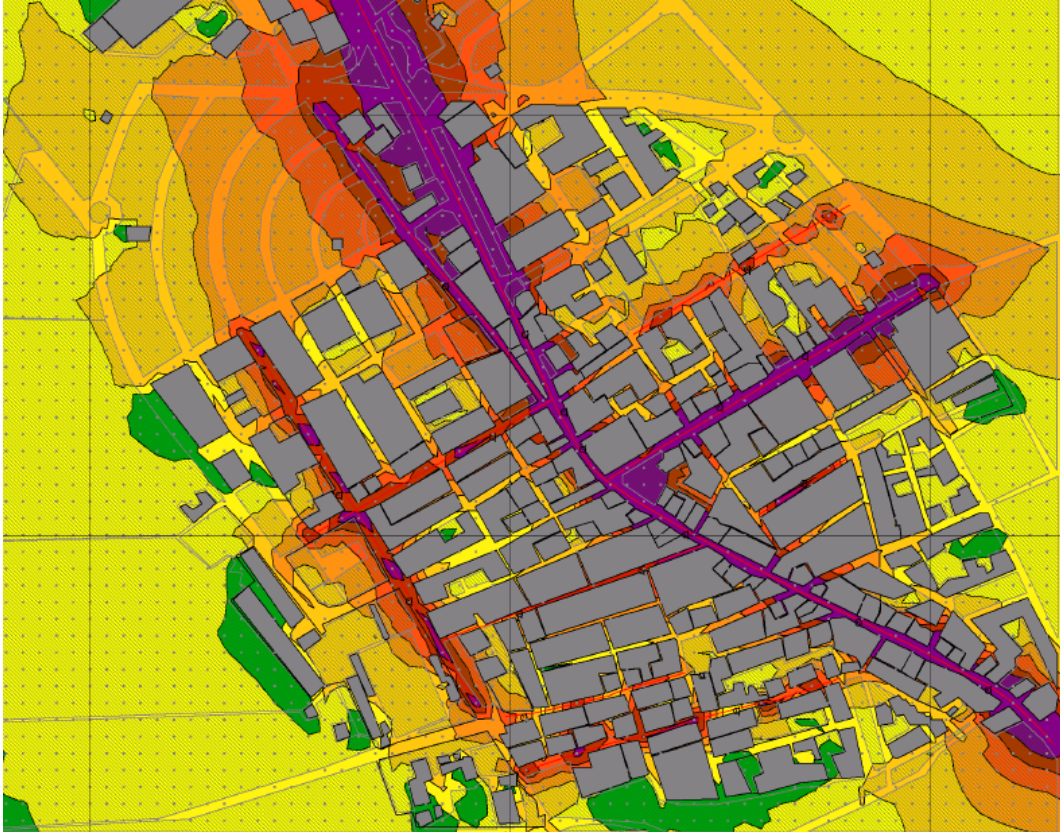


Figura 11.3 Resultado de la simulación del periodo diurno en vista 2D.

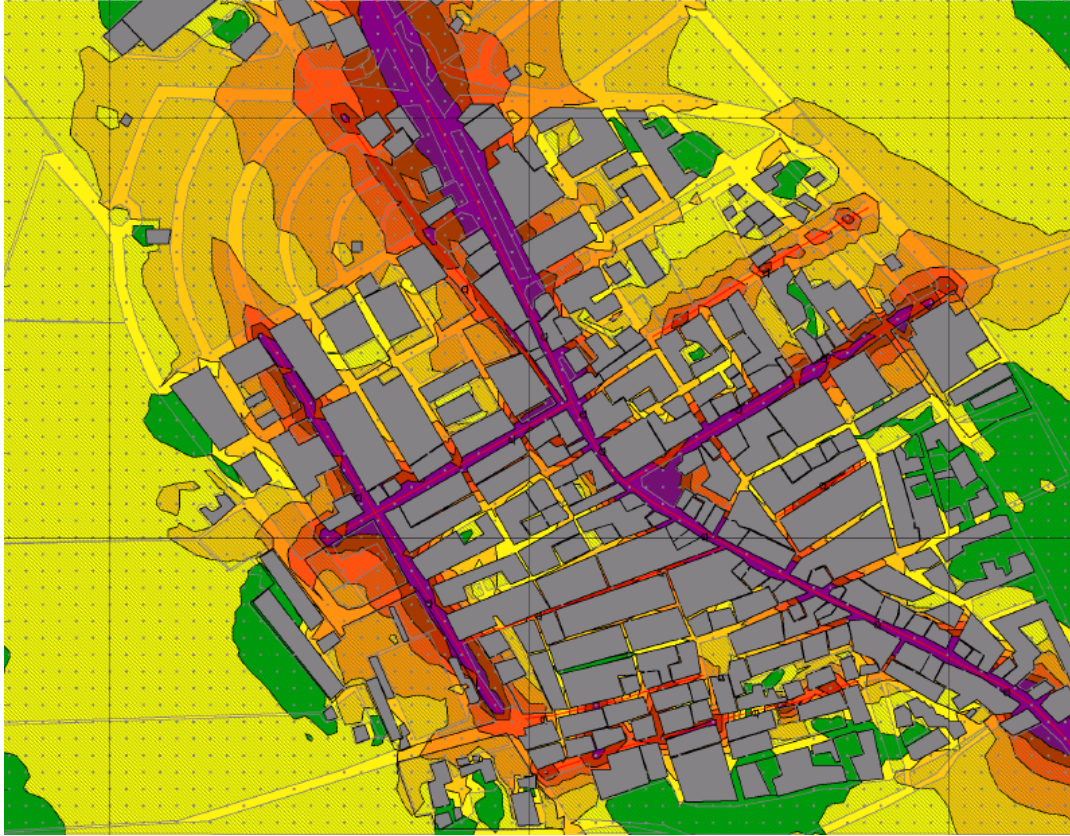


Figura 11.4 Resultado de la simulación del periodo tarde en vista 2D.







Figura 11.5 Resultado de la simulación del periodo nocturno en vista 2D.

Comparación de los resultados con la normativa

Las siguientes tablas muestran la comparación de los resultados experimentales con los simulados y se comprueba si cumplen con los niveles de presión sonora permitidos por las normativas, tanto con la legislación nacional como con la legislación de la Generalitat Valenciana.

Al comparar tenemos en cuenta que las zonas de todos los puntos son residenciales, excepto las de los puntos 16 y 18, que están en zona docente y el punto 17 que está en zona de uso sanitario y por lo tanto se comparan con niveles más restrictivos que para el resto de puntos.

Para hacer más fácil la ubicación de los puntos, se incluye la siguiente leyenda:

Leyenda de las tablas de comparación de resultados:	
	Puntos ubicados en la carretera N-332
	Puntos ubicados en la carretera CV-673
	Puntos situados en zona docente.
	Puntos situados en zona de uso sanitario.
	Sin colorear: puntos situados en zona residencial.

(Tengamos también en cuenta que el Punto 16 se sitúa en la carretera CV-681).

En la siguiente tabla comparamos con las normativas según la legislación nacional:

Puntos de medida	L _D (dBA) Experimental	L _D promedio en la simulación (dBA)	Desviación en el periodo diurno	¿Cumple con la Normativa? Legislación nacional	L _N (dBA) Simulado	¿Cumple con la Normativa? Legislación nacional
P1	74,6	79,8	-5,2	NO	66,9	NO
P2	73,6	76,9	-3,3	NO	64,0	NO
P3	74,0	78,7	-4,7	NO	65,7	NO
P4	73,9	77,6	-3,7	NO	64,6	NO
P5	75,1	78,7	-3,6	NO	65,8	NO
P6	74,2	77,8	-3,6	NO	64,8	NO
P7	61,6	64	-2,4	SI	54,8	SI
P8	57,1	61,4	-4,3	SI	47,8	SI
P9	55,2	61,8	-6,6	SI	48,1	SI
P10	63,6	62,8	0,8	SI	55,4	NO
P11	59,8	65,3	-5,5	SI	58,3	NO
P12	55,1	58,6	-3,5	SI	48,2	SI
P13	67,7	71,3	-3,6	NO	57,2	NO
P14	67,4	71	-3,6	NO	56,8	NO
P15	58,0	62,5	-4,5	SI	49,4	SI
P16	61,9	59,2	2,7	NO	47,9	SI
P17	62,7	64,9	-2,2	NO	56	NO
P18	61,9	62,7	-0,8	NO	54	NO

Tabla 11.6 Comparación con las normativas según la legislación nacional.

En la siguiente tabla comparamos con las normativas según la legislación de la Generalitat Valenciana:

Puntos de medida	L _D (dBA) Experimental	L _D promedio en la simulación (dBA)	Desviación en el periodo diurno	¿Cumple con la Normativa? Legislación autonómica	L _N (dBA) Simulado	¿Cumple con la Normativa? Legislación autonómica
P1	74,6	79,8	-5,18	NO	66,9	NO
P2	73,5	76,9	-3,34	NO	64	NO
P3	73,9	78,7	-4,74	NO	65,7	NO
P4	73,8	77,6	-3,71	NO	64,6	NO
P5	75,1	78,7	-3,57	NO	65,8	NO
P6	74,2	77,8	-3,6	NO	64,8	NO
P7	61,6	64	-2,38	NO	54,8	NO
P8	57,1	61,4	-4,29	NO	47,8	NO
P9	55,2	61,8	-6,58	NO	48,1	NO
P10	63,6	62,8	0,82	NO	55,4	NO
P11	59,8	65,3	-5,48	NO	58,3	NO
P12	55,1	58,6	-3,48	NO	48,2	NO
P13	67,7	71,3	-3,59	NO	57,2	NO
P14	67,3	71	-3,66	NO	56,8	NO
P15	57,9	62,5	-4,54	NO	49,4	NO
P16	61,9	59,2	2,7	NO	47,9	NO
P17	62,7	64,9	-2,23	NO	56	NO
P18	61,9	62,7	-0,79	NO	54	NO

Tabla 11.7 Comparación con las normativas según la legislación de la Generalitat Valenciana.

12. Propuesta de medidas correctoras

A continuación se van indicar algunas medidas que pueden reducir en mayor o menor medida el ruido provocado por el tráfico, reduciendo considerablemente la contaminación acústica y que además pueden aplicarse varias de ellas simultáneamente.

Desviación de las carreteras:

Como hemos visto en este estudio de contaminación acústica, dado que las fuentes de ruido principales y más contaminantes son las carreteras nacional N-332 y las comarcales CV-673 y CV-681, esta es la solución que más reduciría el ruido en toda la población.

Simplemente consistiría en construir estas carreteras a una distancia del pueblo lo suficientemente lejana para que las personas que viajen de paso no tengan que emitir ruido dentro del pueblo.

Cambio de la de ubicación de las zonas más sensibles al ruido:

En caso de que la desviación de las carreteras no fuera posible debido a problemas geográficos o económicos, también puede realizarse el cambio de emplazamiento del centro de salud y el centro docente a una zona más alejada de las fuentes de ruido principales.

Reducción de la velocidad del tráfico:

Los vehículos emiten menor ruido cuanto menor es su velocidad y por lo tanto esta medida consistiría en reducir la velocidad de circulación.

Así mismo se puede realizar la instalación de dispositivos que obligan el cumplimiento de las limitaciones de velocidad. Dichos dispositivos pueden ser radares fijos o móviles.

Campaña de sensibilización al ruido:

A veces los vehículos que circulan generan mucho ruido cuando los conductores no son conscientes del problema del ruido que provocan. Muchas veces hacen sonar el claxon sin un motivo necesario, circulan con el volumen de música demasiado alto e incluso hay motoristas que hacen modificaciones mecánicas en sus motos y provocan un ruido mucho mayor que si usaran las piezas mecánicas originales proporcionadas por el fabricante.

Toda esta contaminación acústica puede ser evitada si se realiza una campaña de sensibilización y además es una medida que no requiere ningún tipo de inversión económica.

Instalación de árboles y arbustos:

La vegetación reduce considerablemente la propagación del sonido y por lo tanto la colocación de árboles y arbustos a lo largo de las carreteras puede en consecuencia reducir el ruido generado.

Instalación de barreras acústicas:

Existen barreras acústicas cuyos materiales tienen buenas propiedades aislantes del ruido. Estas se pueden colocar a lo largo de las carreteras para reducir el ruido emitido a la población.

Mejora del asfalto:

Esta medida consiste en hacer mejoras en el asfalto, evitando baches, socavones y construyéndolo con materiales que permiten la reducción del ruido de rodadura. La desventaja reside en el coste de mantenimiento y en que se reduce su efectividad a largo plazo.

Aislamiento de fachadas expuestas al ruido:

Se pueden aislar acústicamente las fachadas de las viviendas unifamiliares situadas a lo largo de las vías que sufren un mayor impacto de ruido.

13. Conclusiones

Debido a los efectos perjudiciales que provoca la contaminación acústica en personas y animales, tomamos consciencia de la importancia de la realización de este tipo de estudios en todas las poblaciones.

En el caso de este proyecto aplicado a la población de Bellreguard, hemos visto que las principales fuentes de ruido que son las carreteras comarcales CV-673, CV-681 y en especial la carretera nacional N-332 (que es la que mayores niveles de ruido está emitiendo), no se están cumpliendo con ninguna de las normativas autonómica o nacional en ninguna de las franjas horarias.

Además, la carretera nacional N-332 que es la que más contaminación acústica provoca, también es al mismo tiempo la fuente de ruido que más distancia cubre a lo largo de toda la población.

En la franja horaria en la que más ruido emite la carretera nacional N-332 y la comarcal CV-673, es por la mañana. Sin embargo es por la tarde cuando tenemos mayores niveles de presión acústica en la calle Ronda dels Sports, donde se encuentran el centro de salud y los centros docentes. Como era de esperar, es por la noche cuando hay menor contaminación acústica en cualquiera de las fuentes de ruido.

Afortunadamente, entre el centro docente IES Joan Fuster y la fuente de ruido de la calle Ronda dels sports, se encuentra la piscina municipal que debido a que alberga en el interior de su recinto árboles y vegetación, sumado a la distancia que hay hasta la fuente de ruido, provocan que en este centro docente haya unos niveles de presión sonora mucho menores que en el centro de salud y el otro centro docente.

Según la simulación, en el centro docente IES Joan Fuster se registran unos niveles de presión sonora entre 55 y 60 dBA en la franja horaria de mayor ruido (por la tarde). Al menos en este centro, en la franja horaria de más ruido se cumpliría con la normativa según la legislación nacional, aunque no la cumpliría según la legislación autonómica. En otras franjas horarias de menor ruido se registran unos niveles de 40-45 dBA en la noche y 50-55 dBA durante la mañana. Pero todavía en ninguno de estos dos casos se cumpliría con la normativa según la legislación autonómica, tan solo se cumpliría con la legislación nacional.

En el resto de zonas más sensibles al ruido, que son el centro de salud y el centro docente CEIP Gregori Maians i Ciscar, no se cumple con ninguna de las dos normativas en una franja horaria.

Hemos visto distintos tipos de medidas correctoras para reducir la contaminación acústica, de las cuales se pueden aplicar a Bellreguard las siguientes:

- By-pass: La medida más efectiva es la desviación de las carreteras nacionales y comarcales. Esta solución tiene la desventaja de ser cara económicamente y su aplicación en Bellreguard depende de que sea aprobada por el estado. Sin embargo, hay estudios que indican que aplicando esta medida se reduce el ruido entre 3 y 6 dB en las zonas afectadas. [3]

- Mejora del asfalto: Como ya hemos visto, esto reduciría el ruido de rodadura. Su aplicación también dependería de la aprobación por el estado.
- Aislamiento de fachadas: Aislar acústicamente las fachadas de las viviendas unifamiliares situadas a lo largo de las Carreteras nacional y comarcales, que son las que reciben un mayor impacto de ruido.
- Campaña de concienciación al ruido. Pero en la campaña habría que tener en cuenta que por la vía que provoca más ruido, la carretera nacional, circulan personas que no son habitantes de Bellreguard.

No se puede aplicar la medida correctora de colocar barreras acústicas a lo largo de las carreteras, debido a que las aceras a ambos lados son muy estrechas y no existe espacio suficiente para poder colocarlas. Aunque si que se podrían colocar a la entrada y salida del pueblo, donde el espacio disponible es mayor. Ocurre el mismo problema con la colocación de árboles y arbustos.

La medida correctora de reubicar los centros docentes y de salud sólo soluciona una parte del problema, ya que a lo largo de la carretera nacional N-332 todavía tenemos una zona residencial cuyos niveles de ruido no estarían cumpliendo con la normativa.

Bibliografía

❖ LIBROS:

- SOCIEDAD ESPAÑOLA DE ACÚSTICA (SEA). (2009). Acústica Ambiental: análisis, legislación y soluciones.
- HARRIS C. (1995). Manual de medidas acústicas y control del ruido. Ed. Mc Graw Hill.
- ENDA MURPHY & Eoin King. (2014). Environmental Noise Pollution: Noise Mapping, Public Health, and Policy.

❖ PÁGINAS WEB:

<http://www.meteoclimatic.org>

https://en.wikipedia.org/wiki/Noise_pollution

<http://www.conserve-energy-future.com/causes-and-effects-of-noise-pollution.php>

<http://www.newenglandhearing.com/blog/bid/139326/Noise-Level-Chart>

<http://articles.mercola.com/sites/articles/archive/2015/06/20/noise-pollution.aspx>

<http://contaminacionacustica.net/la-contaminacion-acustica/>

<https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2005-20792>

[1] <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2005-20792>

[2] http://ec.europa.eu/environment/nature/conservation/species/whales_dolphins/docs/ices_second_report.pdf

Plan acústico municipal de Alicante

Plan acústico municipal de Elche

Plan acústico municipal de Pilar de la Horadada

Plan acústico municipal de Burjassot

❖ **NORMATIVA Y LEGISLACIÓN:**

- Ley 37/2003, de 17 de Noviembre. Ley estatal del ruido.
- Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre.
- Decreto 1367/2007, de 19 de octubre.

- Ley 7/2002, de 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana.
- Decreto 104/2006 de 14 de julio, de la Generalitat Valenciana.
- Decreto 266/2004, de 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana.

- Norma UNE ISO 1996-1: 2005 Acústica. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 1: Magnitudes básicas y métodos de evaluación. (ISO 1996-1:2003)
- Norma UNE ISO 1996-2:2009, Acústica. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 2: Determinación de los niveles de ruido ambiental.

❖ **OTROS DOCUMENTOS:**

Diapositivas y apuntes de la asignatura “Ingeniería Acústica Ambiental” del GRADO EN INGENIERIA DE SISTEMAS DE TELECOMUNICACION, SONIDO E IMAGEN, impartida en la Escuela Politécnica Superior de Gandía.

Manual de usuario del anemómetro Testo 410-2

Manual de usuario del Sonómetro 2250 de Brüel & Kjær

Manual de usuario del software Predictor versión V 7.10

[3] Revista “Equipamientos y servicios municipales.” (nº 115 - 2004). Artículo “Un elemento en la reducción de los niveles de contaminación acústica, el By-pass: Tres casos.” (pág. 20)
Autores: Martínez Mora, J. A. et al.