

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR DE GANDIA
MÁSTER EN INGENIERÍA ACÚSTICA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCOLA POLITÈCNICA
SUPERIOR DE GANDIA

**“Estudio de la Contaminación Acústica
en la Ciudad de Sueca”**

TRABAJO FINAL DE MÁSTER

Autor:

Quiroz Rangel, Carlos Alberto

Director:

Martínez Mora, Juan Antonio

Codirector:

Diego i Tortosa, Dídac

GANDIA, 2018

Estudio de la Contaminación Acústica en la Ciudad de Sueca

Autor: Quiroz Rangel, Carlos Alberto

Director: Martínez Mora, Juan Antonio

Codirector: Diego i Tortosa, Dídac

Resumen — El crecimiento urbano en grandes ciudades y en pequeños núcleos de población presenta conflictos como la escasez de servicios, la contaminación medioambiental y un incremento del tráfico vehicular, siendo éste la más importante fuente de ruido ambiental según el informe presentado en 2017 por la Agencia Europea de Medio Ambiente. Diversos organismos oficiales e independientes declaran que la salud de las personas se ve seriamente afectada por el Ruido tanto a nivel fisiológico como psicológico. Podemos decir que el Ruido se ha convertido en un factor presente en el seno de nuestra sociedad y una fuente principal de perturbación de la calidad de vida de los ciudadanos. En este trabajo se realiza un estudio que permite una aproximación a la situación actual del ruido generado por el tráfico rodado en la ciudad de Sueca. Se ha generado un mapa de ruido de las principales vías que tiene la población, evidenciando el incumplimiento de la legislación vigente en lo que a contaminación acústica se refiere. Se realiza un estudio preoperacional y una simulación operacional del efecto que tendría peatonalizar determinadas calles del casco antiguo. Por último, se proponen una serie de medidas correctoras que reducirían los niveles ajustándolos a los establecidos por la norma.

Palabras claves: Sueca, Ruido, Mapa Estratégico de Ruido, Contaminación Acústica.

Abstract — The urbanization of cities and towns has brought new challenges such as shortage of resources, the environmental pollution and the increase of traffic congestion. Traffic congestion is the most important source of ambient noise according to the 2017 research presented by European Environment Agency. Various official institutions warns the people's health can be seriously damaged by noise, both psychologically and physically. It can be stated that high levels of noise have become significant in our society and are one of the main factors disrupting the quality of human's life. This paper studies the levels of noise generated by the road traffic in the town of Sueca. A map of noise across the main roads of the city has been developed, which shows evidence of a breach of the current noise legislation in Sueca. A preoperational study and an operational simulation have also been undertaken to simulate the effect of the pedestrianization of selected streets in the city center. Finally, a list of measures are proposed in order to reduce the levels of noise to those permitted by the existent laws.

Keys words: Sueca, Noise, Strategic Map of Noise, Acoustic Pollution

Nota 1: Toda figura, tabla o ilustración en que no se indique la fuente de procedencia, se debe entender como elaboración propia.

Nota 2: La definición de variables usadas en las distintas ecuaciones aparecerán indicadas una sola vez a en toda la tesina.

Autor: Quiroz Rangel, Carlos A.

e-mail: carquira@epsa.upv.es

Fecha de entrega: Junio 2018



Para ver una copia de esta licencia, visite:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	5
II. CONTAMINACIÓN ACÚSTICA.....	7
II.1. El Ruido como contaminante ambiental.....	7
II.2. Fuentes de Ruido.....	7
II.3. Indicadores de niveles sonoros usados en contaminación acústica	7
II.4. Efectos del Ruido en la salud de los humanos	9
III. NORMATIVA Y LEGISLACIÓN APLICABLE	11
III.1. Legislación de ámbito Nacional.....	11
III.2. Legislación de ámbito Autonómico	12
IV. ZONA DE ESTUDIO	13
IV.1. Ciudad de Sueca	13
IV.2. Elección y descripción de zonas representativas	13
IV.3. Propuesta de peatonalización del casco antiguo.....	14
V. ELABORACIÓN DE LOS MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO	17
V.1. Equipos e Instrumentación utilizados.....	17
V.1.1. Software Brüel & Kjær Predictor Type 7810 v7.10	17
V.2. Distribución temporal de los puntos de medida y duración de las muestras	18
V.3. Distribución espacial de los puntos de medida	18
V.4. Cálculo de incertidumbres en las medidas.....	21
VI. RESULTADOS.....	29
VI.1. Validación del método de simulación	29
VI.2. Mapas de niveles sonoros de la ciudad Sueca.....	31
VI.2.1. Diagnóstico del grado de exposición al Ruido.....	32
VI.2.2. Análisis de superficie y población expuesta a ruido.....	32
VI.2.3 Estimación del porcentaje de personas Molestas y Altamente Molestas por el ruido.	34
VI.2.4 Análisis de centros sensibles	36
VI.3. Mapa Estratégico de Ruido del Casco Antiguo	36
VI.3.1 Mapas de niveles sonoros del Casco Antiguo de Sueca estado actual	36
VI.3.2 Mapas de niveles sonoros del Casco Antiguo de Sueca estado operacional.....	38
VII. PROPUESTA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN.....	41
VIII. CONCLUSIONES	43
PROPUESTA DE FUTUROS ESTUDIOS	45
REFERENCIAS.....	47
ANEXOS.....	38

I. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

La contaminación ambiental por ruido ha sido considerada durante años como uno de los problemas más relevantes en la calidad de vida y el bienestar de las personas, entre otras razones porque las fuentes que la producen son parte de la cotidianidad: actividades y lugares de ocio, industrias y talleres, medios de transporte, obras públicas, etc. [1, 2].

Aunque el ruido no se traslada, mantiene o acumula como otros tipos de contaminación ambiental, los efectos negativos en la salud física y mental en seres vivos son cada vez más evidentes.

El ser humano es cada vez más consciente del peligro que suponen los niveles de ruido al que nos vemos sometidos en nuestra cotidianidad. Medir y estudiar el ruido y el efecto que los cambios de nuestro entorno, como las nuevas infraestructuras o modificaciones en las ya existentes (carreteras, edificaciones, etc.), generan en sus niveles nos ayuda a buscar soluciones para mitigar o contrarlar sus efectos. La ciudad de Sueca a fecha del inicio de este trabajo no cuenta con ningún tipo de mapa o indicador de ruido. Este trabajo es un primer aporte a la gestión y control de la contaminación ambiental por el ruido generado por el tráfico rodado en la ciudad de Sueca.

El **objetivo principal** de este trabajo será **cuantificar de forma experimental y simulada el ruido** que tiene como fuente principal el tráfico rodado con motor térmico en las principales calles de la ciudad de Sueca después de ser inaugurada la circunvalación A-38 que desvía gran parte del tráfico rodado de la población y evaluar si se cumple los niveles de ruido permitidos por la legislación vigente.

Como **objetivo secundario** y a través de simulación se hará una **estimación del efecto que tendría** la iniciativa por parte del Ayuntamiento de **peatonalizar** una serie de **calles** que pertenecen al casco antiguo de Sueca.

El presente trabajo se estructura en 8 capítulos:

- En el capítulo *I* se lleva a cabo una introducción al caso de estudio, los objetivos y la distribución de la memoria.
- El capítulo *II* define en que consiste la Contaminación Acústica y los efectos que tiene sobre la salud humana.
- El capítulo *III* resume la legislación de ruido vigente tanto a nivel nacional como autonómico, aplicables al caso bajo estudio.
- El capítulo *IV* describe las características de la población objeto de estudio, los puntos de medida seleccionados y la propuesta de peatonalización de calles céntricas que el Ayuntamiento pretende aprobar.
- El capítulo *V* detalla el proceso seguido durante la realización de los Mapas Estratégicos de Ruido del presente estudio.
- El capítulo *VI* presenta y analiza los mapas estratégicos de ruido resultantes de las campañas de medidas.
- El capítulo *VII* propone una serie de medidas correctoras que contribuirían a la disminución de los niveles actuales de ruido en busca del cumplimiento de la normativa vigente.
- El capítulo *VIII* presenta las conclusiones extraídas del trabajo realizado.

Para finalizar este Trabajo de Final de Máster (TFM) que se presenta para optar al título de Máster en Ingeniería Acústica por la Universitat Politècnica de València (UPV), se cierra con un listado de futuros estudios, y un último apartado de referencias.

II. CONTAMINACIÓN ACÚSTICA

II.1. El Ruido como contaminante ambiental

El Ruido definido como un **sonido molesto o no deseado**, se puede estudiar desde dos enfoques, el primer *enfoque más objetivo desde la física* describe el fenómeno a través de ciertos parámetros (duración, componentes frecuenciales, energía de cada uno de esos componentes, etc.) y la *perspectiva de la psicoacústica* que es subjetiva, depende de la percepción de cada individuo (el mismo ambiente acústico puede ser molesto para una persona y no para otra) y evalúa los procesos cognitivos implicados (el grado de molestia que genera un sonido, la actitud respecto a una fuente de ruido, etc.).

II.2. Fuentes de Ruido

El ruido puede ser generado por fuentes naturales o artificiales. Como **Fuentes Naturales** de ruido podemos considerar las tormentas, la lluvia, los sonidos producidos por animales, las erupciones volcánicas, entre otras. Por otra parte, las **Fuentes Artificiales** de ruido se pueden clasificar en fuentes puntuales y lineales. Fuentes de ruido artificiales puntuales son aquellas en las que la potencia de emisión sonora se encuentra concentrada en un punto, ejemplo de ello pueden ser los lugares de ocio, como bares y discotecas, zonas industriales, centros comerciales, recintos deportivos, etc. Las fuentes de ruido artificiales lineales por su parte son aquellas que se encuentran en movimiento en el momento de generar ruido, ejemplo de éstas son el tráfico aéreo, ferroviario y rodado.

II.3. Indicadores de niveles sonoros usados en contaminación acústica

El ruido es una magnitud física que presenta variaciones importantes de su magnitud en función del tiempo (dentro de un sonido existen valores mínimos, máximos, valores que se reproducen más, etc.), aunque también existen ruidos estacionarios que no varían en magnitud y pueden ser igualmente molestos y/o perjudiciales para la salud como el ruido de una máquina de aire acondicionado, por este motivo se establecen unos parámetros que se consideran indicadores representativos y objetivos de cuantificación de ruido.

Los principales parámetros utilizados en la evaluación de ruido son:

- *Nivel continuo equivalente* (L_{eq} o L_{Zeq}). Es el nivel de presión sonora continuo sin ponderar que, para un tiempo dado, posee la misma energía total que el ruido fluctuante medido. Se expresa en decibelios (dB) y varía con el tiempo (*ver ecuación 1*):

$$L_{eq,T}(dB) = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{T} \int_0^T \frac{P^2(t)}{P_0^2} dt \right) \quad (1)$$

Siendo:

T	Intervalo de tiempo de medida
$P(t)$	Presión sonora para el instante t [Pa]
P_0	Presión de referencia en aire (20·μPa)

- *Nivel continuo equivalente ponderado A* (L_{Aeq}). Es el nivel de presión sonora continuo al que se le ha aplicado el filtro de ponderación A para las diferentes frecuencias del rango de medición. Dicha escala penaliza el ruido de baja y alta frecuencia e incrementa el nivel de las frecuencias medias. La aplicación de esta ponderación permite asemejar cómo escucharía el oído humano un

determinado ruido. Este índice es el más utilizado en los estudios de contaminación acústica con el fin de valorar el grado de impacto que genera en las personas. Se expresa en decibeles A (dBA).

- *Nivel continuo equivalente ponderado en frecuencia C (L_{Ceq})*. Es el nivel de presión sonora continuo al que se ha aplicado el filtro de ponderación C para el ancho de banda frecuencial elegido en la medida particular. En el intervalo de tiempo que dura la medición posee la misma energía total que el ruido medido, se utiliza para evaluar ruidos de alto nivel y se expresa en decibeles C (dBC).

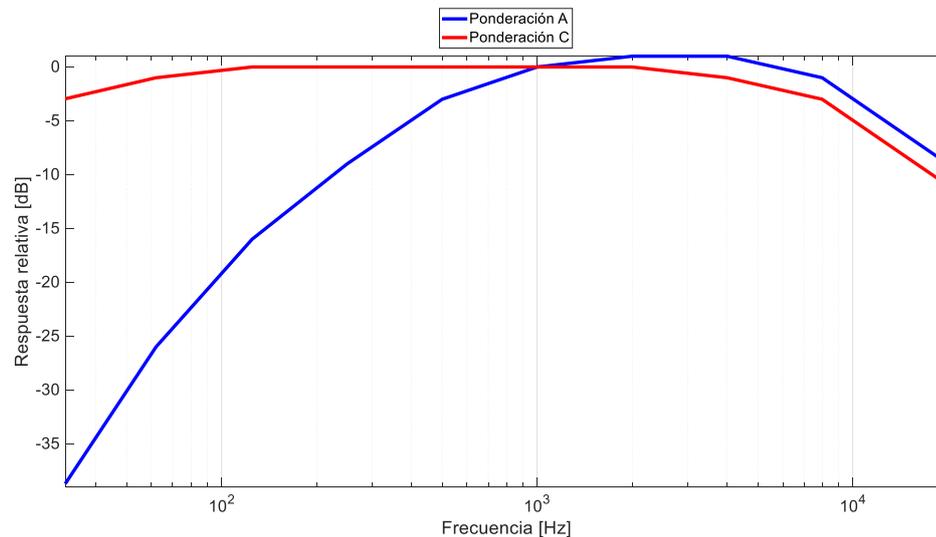


Figura 1: Respuesta Relativa del filtro de ponderación A y C.

- *Nivel de presión sonora de pico máximo y de pico mínimo (L_{Fmax} y L_{Fmin})*. Representa el pico máximo y mínimo del nivel de presión sonora registrado durante un periodo de medida, se expresa en decibeles (dB).
- *Nivel de percentil estadístico ($L_{N\%}$)*. Más conocidos como percentiles, indican los niveles de ruido alcanzado pasado el $N\%$ del tiempo total de la medida., se mide en decibeles (dB).

También existen otros niveles sonoros definidos por la Comisión Europea (Directiva 2002/49/CE) y Nacional (Real Decreto 1513/2005) por el que se desarrolla la Ley Estatal (Ley 37/2003), en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental:

- L_{day} (L_d) es el nivel sonoro medio a largo plazo en ponderación A definido en la norma ISO1996-2:1987, determinado a lo largo de todos los periodos día de un año. Se expresa en dBA.
- $L_{evening}$ (L_e) es el nivel sonoro medio a largo plazo en ponderación A definido en la norma ISO 1996-2:1987, determinado a lo largo de todos los periodos tarde de un año. Se expresa en dBA.
- L_{night} (L_n) es el nivel sonoro medio a largo plazo en ponderación A definido en la norma ISO 1996-2:1987, determinado a lo largo de todos los periodos noche de un año se expresa en dBA.

El horario diurno (asociado a la medida de L_d) se define de 7.00 a 19.00 horas, el horario tarde (asociado a la medida de L_e) se define de 19.00 a 23.00 horas y el periodo noche (asociado a la medida de L_n) de 23.00 a 7.00 horas.

- *Nivel sonoro equivalente día, tarde y noche (L_{den})*. Es el indicador que informa sobre el valor medio durante un periodo de 24 horas que se expresa en dBA (ver ecuación 2):

$$L_{den}(dBA) = \log_{10} \left[\frac{12 \cdot 10^{L_d/10} + 4 \cdot 10^{(L_e+5)/10} + 8 \cdot 10^{(L_n+10)/10}}{24} \right] \quad (2)$$

II.4. Efectos del Ruido en la salud de los humanos

Los efectos del Ruido en la salud de las personas normalmente son acumulativos y notorios a medio y largo plazo, lo que dificulta su detección y tratamiento rápido y eficaz.

La pérdida de audición es sin duda el efecto físico más conocido relacionado con la exposición continuada a altos niveles de ruido. La intensidad del sonido medida y la duración de la exposición están relacionadas: a mayor nivel de sonido, menor podrá ser el tiempo de exposición antes de que produzcan daños (en su mayoría irreversibles). Por ejemplo, 8 horas de exposición diaria a un ruido de 85 dBA pueden comenzar a dañar los oídos de una persona a mediano plazo. El uso de una herramienta que genera 100 dBA, asistir a un concierto de rock que alcanza niveles de 120 dBA, el disparo de un arma de fuego entre 140 y 170 dBA, puede dañar la audición de algunas personas después de exponerse sólo unas pocas veces [1, 2].

También destacan como efectos físicos del ruido los dolores de cabeza, la hipertensión y otra serie de respuestas de nuestro organismo, como cambios en el sistema hormonal e inmunitario, que se manifiestan a su vez en aumento de niveles de glucosa, colesterol, aumento del ritmo cardiaco y aparición de enfermedades infecciosas, entre otras.

A nivel psicológico destacan el estrés y las modificaciones de los patrones de sueño con sus consecuencias posteriores: irritabilidad, síntomas depresivos, falta de concentración, reducción en el rendimiento laboral e intelectual, etc.

Como el mayor remedio a estos daños, hasta ahora, es la prevención, en el siguiente capítulo veremos de forma resumida la legislación vigente que pretende protegernos en nuestra vida cotidiana de los efectos nocivos del ruido y contribuir a la salud y el bienestar de las personas.

III. NORMATIVA Y LEGISLACIÓN APLICABLE

La Unión Europea, a través de legislación específica, pretende regular las emisiones de ruido producidas por la actividad humana, esta legislación ha evolucionado notablemente en los últimos años. En lo que a contaminación acústica se refiere, en 1992 se aprobó el programa de acción en relación con el medio ambiente y el desarrollo sostenible cuyo objetivo era impedir la exposición de la población a niveles que superaran los 65 dBA [1], en el año 1996 a través del Libro Verde de la Comisión Europea se tomaba conciencia de la importancia de homogenizar el entorno normativo del ruido [3], pero no es hasta el año 2002 que se adopta la Directiva 2002/49/CE con el fin de armonizar los métodos de evaluación de la exposición al ruido e intercambio de información [4].

III.1. Legislación de ámbito Nacional

El 18 de noviembre de 2003 se publica la *LEY 37/2003 del Ruido* [5] complementada posteriormente con los *Reales Decretos 1513/2005* [6], *1367/2007* [7] y *1038/2012* [8] cuyo objetivo es prevenir, vigilar y reducir la contaminación acústica en el ámbito nacional. En esta ley se introduce, entre otras medidas, la realización de mapas de ruido con el fin de obtener información sobre niveles de contaminación acústica. Se introduce el concepto de zona de servidumbre acústica, que busca compatibilizar las infraestructuras de transporte con los usos y actividades de las zonas afectadas por el ruido, se obliga a aquellas aglomeraciones de más de 250000 habitantes a que elaboren mapas de ruido y sean actualizados cada 5 años para evaluar globalmente la exposición de la población al ruido. Sin embargo, el RD 1367/2007 únicamente se suele aplicar a lugares y locales de actividades comerciales, zonas de ocio, zonas industriales, de transporte aeroportuario y zonas sanitarias, dejando fuera de su alcance los conocidos como ruidos domésticos (gritos, música en casa, mascotas, electrodomésticos, etc.). Queda a cargo de las Comunidades Autónomas y Ayuntamientos (administración local) la regulación de los ruidos que no estén cubiertos por la ley nacional a través de ordenanzas o reglamentos adaptados a la normativa nacional y sus complementos.

El *REAL DECRETO 1367/2007* expone los niveles objetivo de calidad acústica aplicables a áreas urbanizadas existentes (ver *Tabla 1*).

Tabla 1: Objetivos de calidad acústica para ruido aplicables a áreas urbanizadas existentes Real Decreto 1367/2007.

Tipo de área acústica	Índices de ruido		
	L_d (dBA)	L_e (dBA)	L_n (dBA)
e	60	60	50
a	65	65	55
d	70	70	65
c	73	73	63
b	75	75	65
f	(2)	(2)	(2)

(1) En estos sectores del territorio se adoptarán las medidas adecuadas de prevención de la contaminación acústica, en particular mediante la aplicación de las tecnologías de menor incidencia acústica de entre las mejores técnicas disponibles, de acuerdo con el apartado a), del artículo 18.2 de la Ley 37/2003, de 17 de noviembre.

(2) En el límite perimetral de estos sectores del territorio no se superarán los objetivos de calidad acústica para ruido aplicables al resto de áreas acústicas colindantes con ellos.

III.2. Legislación de ámbito Autonómico

A nivel autonómico la regulación del ruido viene dada por la *LEY 7/2002* del 3 de diciembre, de Protección contra Contaminación Acústica [9], modificada por la *LEY 14/2005* del 23 de diciembre [10] y desarrollada en los siguientes decretos:

- Decreto 266/2004 del 3 de diciembre por la que se establecen las normas de prevención y corrección de la contaminación acústica en relación con actividades, instalaciones, edificaciones, obras y servicios [11].
- Decreto 104/2006 del 14 de julio del Consell, de planificación y gestión en materia de contaminación acústica [12].

En el anexo II de la Ley 7/2002 encontramos definidos los objetivos de calidad acústica según el uso dominante del suelo (*ver Tabla 2*).

Tabla 2: Niveles de recepción externos Ley 7/2002.

Uso Dominante del suelo	Nivel Sonoro dB(A)	
	Día	Noche
Sanitario y Docente	45	35
Residencial	55	45
Terciario	65	55
Industrial	70	60

En este estudio se han tenido en cuenta las directrices europeas a través de las leyes nacionales y autonómicas, dejando a la legislación de cada Ayuntamiento la regulación de los niveles permitidos de ruidos domésticos (particulares para cada zona) por medio de por ejemplo las ordenanzas municipales.

No olvidemos que es la administración local la que en definitiva aplicará la legislación y sancionará las infracciones cometidas en materia de ruido.

Los niveles obtenidos en la elaboración de los Mapas Estratégicos de Ruido se contrastarán con los valores permitidos incluidos en el anexo II de la *LEY 7/2002*.

IV. ZONA DE ESTUDIO

IV.1. Ciudad de Sueca

La ciudad de Sueca se encuentra en la provincia de València a 38 kilómetros al sur de la ciudad de València, pertenece a la comarca de la Ribera Baixa de la cual es capital. Es una población de cultura mediterránea, está comunicada por la línea C-1 de cercanías Renfe y por la carretera nacional N-332 que discurre por el centro de la población. A partir del año 2008 con la construcción de la circunvalación autovía A-38 la gran mayoría del tráfico pesado se desvía por fuera del área urbana, con objetivos como el de disminuir el ruido de tráfico rodado soportado por los habitantes de la ciudad entre otros.

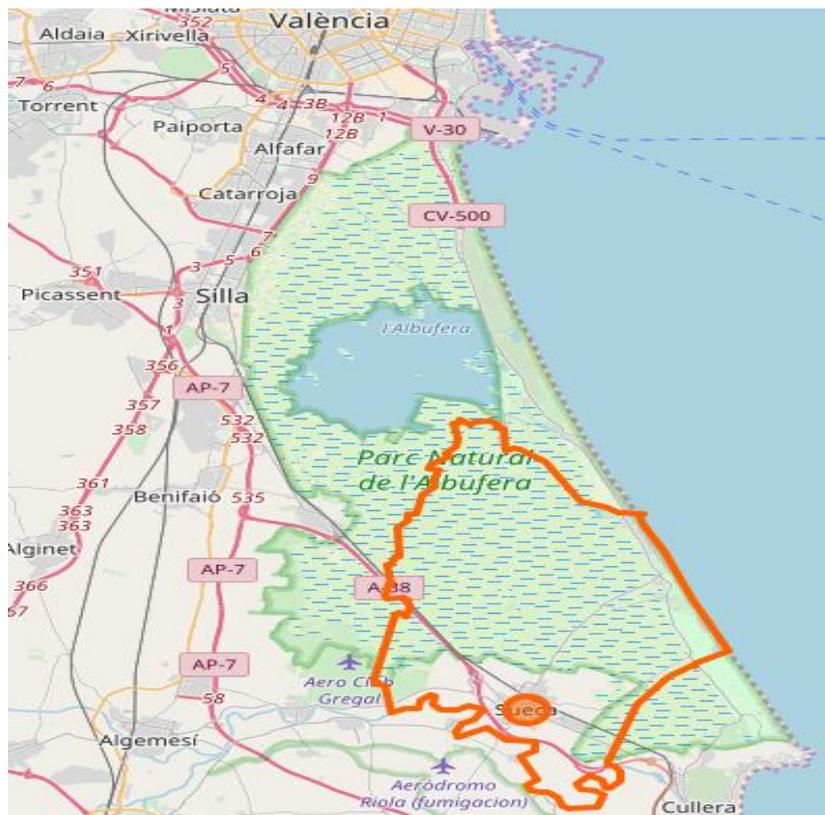


Figura 2: Mapa de situación de la ciudad de Sueca [Fuente: www.openstreetmap.org].

Sueca cuenta con una superficie de 92.5 km² repartidos en dos núcleos separados, el municipio en donde centramos nuestro estudio y una fachada marítima de 6.5 km de costa (*ver figura 2*). Su población es de 27 598 habitantes según datos del Instituto Nacional de Estadística (INE). La mayor parte de su territorio corresponde a la zona de litoral y al Parque Natural de L'Albufera [13].

IV.2. Elección y descripción de zonas representativas

Después de recorrer las principales calles del municipio se seleccionan una serie de zonas sensibles (zonas a proteger) en las que se considera probable que el ruido de tráfico pueda perturbar a la población de forma crítica, como zonas escolares, centros de salud, así como intentando cubrir una representación mínima de vías de bajo, medio y alto caudal de tráfico rodado. Según las observaciones y medidas del caudal de tráfico previo a la toma de medidas de niveles de ruido, hemos acotado el área de estudio en sectores más pequeños que contienen uno o varios puntos de medida, teniendo en cuenta la proximidad entre ellos o lo representativo según la ubicación de éste. De tal manera que dividimos en ocho zonas la población a evaluar.

En el mapa de situación de la ciudad de Sueca (ver Figura 2) se observa que la gran mayoría de su extensión corresponde a zonas de parque natural y de litoral, por ello se decide centrar el estudio en la zona urbana (ver Figura 3).

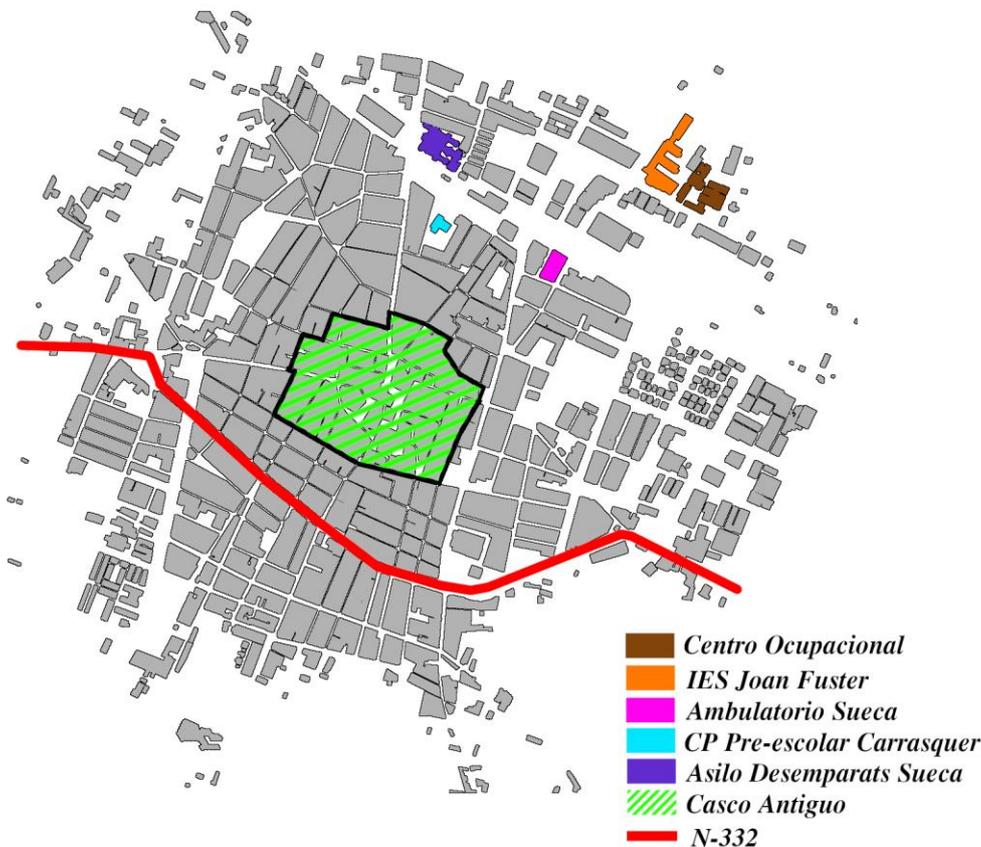


Figura 3: Zona de estudio y localización de zonas sensibles

Dentro de las zonas de estudio, destacamos las zonas que por el tipo de actividad que en ellas se lleva a cabo (docente o sanitario), se consideran sensibles en lo que a las condiciones de ruido se refiere (ver figura 3).

IV.3. Propuesta de peatonalización del casco antiguo

Durante el mes de febrero de 2017, en la fase inicial de este estudio, se mantuvo una reunión con el técnico del área de Urbanismo del Ayuntamiento de Sueca para presentar el proyecto, informar de los objetivos del mismo y solicitar los respectivos permisos para la fase de toma de medidas. Durante dicha reunión se comenta la iniciativa por parte del Ayuntamiento de peatonalizar una serie de calles dentro del casco antiguo de la ciudad, argumentando que aunque no se han presentado quejas por parte de los habitantes de la zona se busca una mejora en los niveles de contaminación acústica y atmosférica, aumentando la seguridad del peatón, disminuyendo la accidentalidad, fomentando el ejercicio físico de los habitantes y visitantes, transformando el sector en una zona atractiva para los peatones, cómoda para pasear y que genere sensación de bienestar y tranquilidad.

Las calles que se considera peatonalizar forman parte del casco antiguo de la ciudad de Sueca, se incluyen en el listado de puntos de medida con el fin de evaluar el estado actual y el posible impacto a nivel de contaminación acústica de la peatonalización de estas. Mediante el siguiente mapa se detalla el casco antiguo de la ciudad de Sueca y las calles que se proyecta peatonalizar (ver figura 4).

 **Calles a peatonalizar**



Figura 4: Casco Antiguo Sueca, calles a peatonalizar (color azul)

V. ELABORACIÓN DE LOS MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO

Primero es conveniente establecer la diferencia entre un Mapa de Ruido (MR) y un Mapa Estratégico de Ruido (MER). Los Mapas de Ruido son una fuente de información geográfica susceptible de representar la realidad sonora de una zona determinada por medio de algún indicador de ruido ambiental, suele consistir en el cálculo de una media de los diferentes niveles sonoros registrados durante un periodo establecido de tiempo en un punto, para obtener un nivel de presión sonora continuo equivalente (L_{Aeq}).

Mapa Estratégico de Ruido (MER) por su parte, “*es un mapa diseñado para poder evaluar globalmente la exposición al ruido en una zona determinada, debido a la existencia de distintas fuentes de ruido, o para poder realizar predicciones globales para dicha zona*” [3]. Por lo tanto, los MER incluyen información sobre niveles sonoros y la población expuesta.

Se puede decir que la diferencia clave entre un MR y MER radica en la información adicional que ofrece el MER.

Las campañas de medidas llevadas a cabo durante la elaboración de este proyecto se realizan siguiendo la norma ISO 1996 [12] en lo referente a las distancias al suelo o cualquier otra superficie reflectante del equipo de medición.

V.1. Equipos e Instrumentación utilizados

Para la realización del estudio se emplearon los siguientes equipos y software:

- Sonómetro Brüel & Kjær. Modelo 2250 Light. Clase I.
- Preamplificador Brüel & Kjær. Modelo ZC-0032.
- Micrófono prepolarizado ½” tipo 4950 Brüel & Kjær.
- Calibrador tipo I de 94 dB a 1 kHz. Modelo 4231 Brüel & Kjær.
- Pantalla anti-viento Brüel & Kjær.
- Anemómetro Testo 410-2.
- Trípode.
- Cámara fotográfica. Marca Olympus, modelo D-715.
- Software Predictor tipo 7810, Brüel & Kjær. V7.1.

El instrumental utilizado cumple con los requerimientos técnicos y normativos internacionales.

V.1.1. Software Brüel & Kjær Predictor Type 7810 v7.10

Predictor es un software comercial que permite entre otras, la simulación de mapas de ruido; tiene en cuenta en sus cálculos difracciones y reflexiones, permite ajustar alturas en los receptores y en los edificios y cuenta con una variedad de ajustes que permite la mejora de los resultados en el proceso de simulación.

En el *Anexo II de la Directiva 2002/49/CE* se recomienda a los estados miembros de la Comunidad Económica Europea que no cuentan con métodos nacionales para la realización de mapas de ruido, el uso del método nacional de cálculo francés, XPS/NMPB (Método Francés de Ruido de Tráfico), también recomendado en la Ley 37/2003. *Predictor* utiliza este y otros diversos métodos y normas para la predicción de los niveles de ruido.

V.2. Distribución temporal de los puntos de medida y duración de las muestras

El ruido de tráfico en una carretera varía con el tiempo (fuente lineal) sin ser fácil analizarlo y estudiarlo. El ruido es generado por el conjunto de vehículos que circulan. Para un receptor ubicado cerca de la vía, cuando pasa un solo vehículo, se registra un aumento de nivel sonoro hasta llegar a un valor máximo y un decrecimiento de nivel a medida que se aleja (firma acústica de un vehículo). Cuando el flujo de vehículos es continuo y tiene una cierta estabilidad, el nivel registrado pasa a ser estacionario, sin variar a lo largo del tiempo y sin casi ninguna fluctuación; es en este punto cuando se puede considerar como una fuente estable (lo que permite ser estudiado mediante un MR y MER).

Con el propósito de optimizar el tiempo empleado en las medidas y a su vez obtener unos resultados representativos y precisos se selecciona un tiempo de duración de la medida de 10 minutos, garantizando la estabilidad de esta.

Por motivos ergonómicos no se pudo medir en horario nocturno de forma experimental por lo que se obtendrá el nivel nocturno (L_n) por simulación a partir del diurno (L_d), una vez validado el modelo simulado con *Predictor* con las medidas reales, considerando una reducción del flujo de tráfico al 20% del diurno.

V.3. Distribución espacial de los puntos de medida

La localización de los puntos de medida se determina según las áreas representativas seleccionadas previamente para su estudio, dichos puntos corresponderán a la ubicación de los micrófonos en el momento de realizar las medidas experimentales que serán trasladadas a las simulaciones en *Predictor*.

Aunque la norma UNE-EN ISO 1996-2 dice que las mediciones se deben realizar a una altura de micrófono de entre 3 y 11 metros para tener en cuenta los efectos de la meteorología [14], en la práctica para nuestro caso se realizaron con una altura de trípode de 1.5 metros como lo muestra el registro fotográfico realizado in situ en el momento de la toma de medidas (*ver figura 5*) para facilitar y agilizar el trabajo de campo y por estar demostrado que los efectos meteorológicos no alteran los resultados en un intervalo crítico dentro de un estudio acústico ambiental pues las diferencias se pueden considerar despreciables.

La descripción y localización de cada punto es la siguiente:

- Punto P01: Se encuentra en *Avinguda de la Mar* cruce con *Carrer de Vicent Baldoví*, próximo al Asilo de los Ancianos Desamparados, vía de bajo caudal de tráfico rodado.
- Punto P02: Se encuentra en *Camí dels Dos Pontets* cruce con *Carrer del Matemàtic Marçal*, próximo al IES Joan Fuster, vía de caudal medio de tráfico rodado.
- Punto P03: Se encuentra en *Avinguda de José Maiques Margo* cruce con *Camí dels dos Pontets*, próximo al Ambulatorio C.S.I. Sueca, vía de caudal medio de tráfico rodado.
- Punto P04: Se encuentra en el *Carrer les Escoles Carrasquer* cruce *Passeig de l'Estació* próximo al Colegio Público Carrasquer vía de caudal medio de tráfico rodado.
- Punto P05: Se encuentra en *carretera nacional N-332* cruce con *Calle de la Sèquia dels Arbres*, corresponde al acceso sur a la ciudad de Sueca, vía de alto caudal de tráfico rodado.
- Punto P06: Se encuentra en *Avinguda de la Vila i Honor de Corbera* cruce con *Camino de la Raconada*. Corresponde al acceso desde la población de Corbera, vía de caudal medio de tráfico rodado.
- Punto P08: Se encuentra en rotonda del cruce de la carretera CV-515 con la carretera N-332, vía de alto tráfico rodado
- Punto P09: Se encuentra en la *Avinguda del Mestre Serrano* cruce con *Ronda d'Espanya* próximo al Juzgado de Primera Instancia e Instrucción N.3, vía de alto caudal de tráfico rodado.

- Punto *P10*: Se encuentra en *Carrer Sebastià Diego* cruce con *Ronda d’Espanya*, vía de alto caudal de tráfico rodado.
- Punto *P11*: Se encuentra en *Avinguda de Vilella* cruce con *Ronda Cabanyal* próximo al Colegio Nuestra Señora de Fátima, vía de caudal medio de tráfico rodado.
- Punto *P12*: Se encuentra en *Carrer de Sant Josep* cruce con *Carrer de Francisco Vitoria* próximo al Centre Cultural Bernat I Baldovi, vía de alto nivel de tráfico rodado.
- Punto *P14*: Se encuentra en la *Plaza Sant Pere*, hace parte del casco antiguo, vía de caudal medio de tráfico rodado.
- Punto *P15*: Se encuentra en *Carrer de Cullera* cruce *Placeta de Rosanes*, próximo al Colegio de la Encarnación, hace parte del Casco Antiguo, vía de caudal medio de tráfico rodado.
- Punto *P16*: Se encuentra en *Carrer del Sequial* cruce con *Carrer del Pou*, hace parte del Casco Antiguo, vía de caudal medio de tráfico rodado.
- Punto *P17*: Se encuentra en *Carrer del Sequial*, corresponde a uno de los accesos al casco antiguo, vía de caudal medio de tráfico rodado.
- Punto *P19*: Se encuentra en *Carrer de la Mare de Deu*, próximo al *Mercado Municipal*, vía de caudal medio de tráfico rodado.
- Punto *P20*: Se encuentra en la rotonda de Joan Fuster cruce con la Avenida Ciudad de Pamplona, vía de caudal medio de tráfico rodado.



Figura 5: Registro fotográfico de la toma de medidas experimentales Punto 11(izq.) Punto 08(der.).

Se han eliminado algunos puntos inicialmente escogidos debido a problemas en la toma de medidas que han impedido el correcto análisis de los datos (*P07*, *P13*, *P18*). En la siguiente figura (ver figura 6) se ubica en un mapa de la ciudad de Sueca, la posición exacta de cada punto de medida, se cuenta igualmente con un registro fotográfico de los puntos en los que se llevaron a cabo las mediciones (ver anexo I).

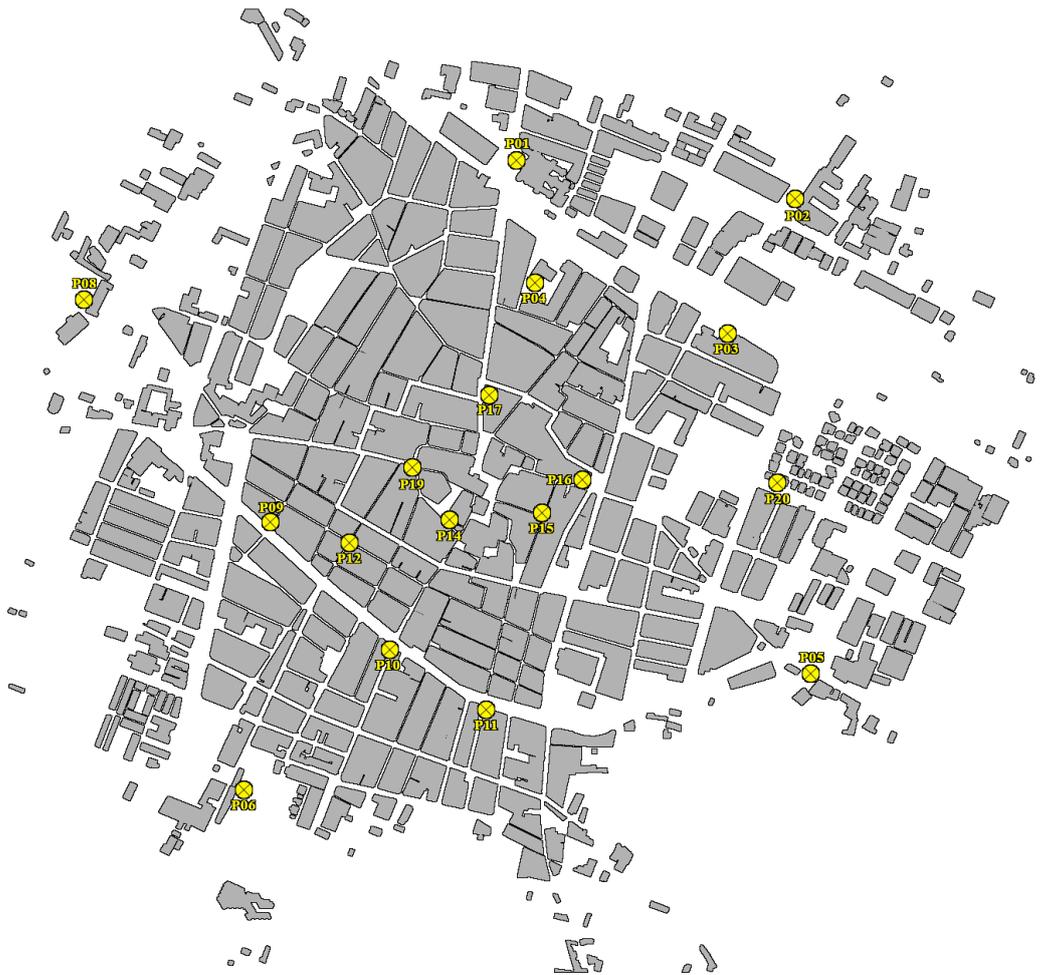


Figura 6: Ubicación de los puntos de medidas en la ciudad de Sueca.

A continuación, se presenta el área de estudio dividida por zonas. Estas zonas buscan poder evaluar los niveles de ruido que afectan a la población de Sueca. La descripción de las zonas es la siguiente:

- Zona 1: Contiene los puntos de medida P01 y P02, el asilo de ancianos y el instituto Joan Fuster.
- Zona 2: Contiene los puntos de medida P03, P04, corresponden al ambulatorio C.S.I. Sueca y el *Colegio Carrasquer*, el punto 17 en *Carrer del Sequial*.
- Zona 3: Contiene el punto de medida P05, zona en su mayoría industrial próxima a la carretera N-332 acceso sur.
- Zona 4: Contiene el punto de medida P06, zona acceso sur de la ciudad de Sueca en su mayoría industrial.
- Zona 5: Contiene el punto de medida P08, zona acceso norte, en su mayoría industrial.
- Zona 6: Contiene los puntos de medida P09, P1 y P11 ubicados sobre la carretera nacional N-332 y el punto P12 próximo al Centre Cultural Bernat I Baldovi.
- Zona 7: Contiene los puntos de medida P14, P15, P16 y P19, corresponde al casco antiguo de la ciudad de Sueca.
- Zona 8: Contiene el punto de medida P20, zona en su mayoría residencial.

A continuación, se presenta el mapa de la ciudad de Sueca resaltando e indicando las zonas seleccionadas (ver figura 7).

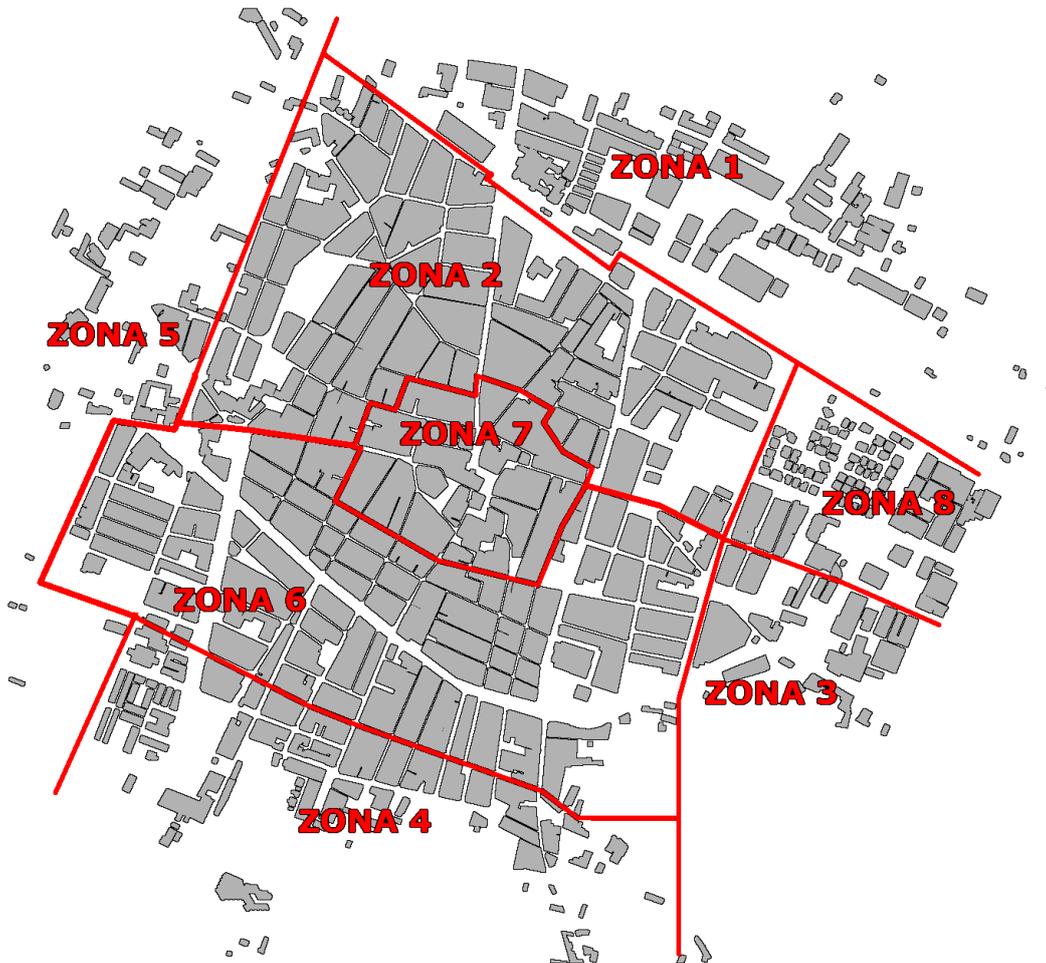


Figura 7: Distribución por zonas de estudio en ciudad de Sueca

V.4. Cálculo de incertidumbres en las medidas

El objetivo de una medición o simulación es dar información objetiva sobre una magnitud, índice o parámetro. Ninguna medición es exacta, pues el valor medido depende entre otros de factores, de quien realiza la medida, del procedimiento seguido, del sistema utilizado y del entorno. Si se repite el proceso distintas veces se obtienen distintos valores que proporcionan una estimación del valor real y se puede calcular su dispersión, la cual informa que tan buena es la medida (a mayor dispersión, menos estabilidad y menor calidad de la medida). La incertidumbre es entonces un parámetro que va siempre asociado al resultado de un proceso de medida.

La Guía para la Expresión de la Incertidumbre de Medida (GUM) establece unas normas generales para la evaluación y la expresión mediante modelos matemáticos de la incertidumbre en las medidas, que pueden aplicarse en la gran mayoría de los campos científicos en los que intervienen procesos de medición. Este modelo incluye todas las magnitudes que pueden contribuir de manera significativa a la incertidumbre asociada al resultado [15].

Se seguirán las directrices reflejadas en la norma UNE EN ISO 1996-2 [14] para evaluar la incertidumbre en las medidas de los niveles de presión sonora según la cual dependen de:

- La fuente de sonido.
- El intervalo de tiempo que dura la medida.
- Las condiciones meteorológicas.
- La distancia entre fuente y receptor.
- La instrumentación utilizada.
- El método de medida.
- El sonido residual.

La incertidumbre en la medida es expresada como una incertidumbre expandida, basada en una combinación de incertidumbres estándar multiplicada por un factor de cobertura 2, lo que proporciona una probabilidad de cobertura del 95%.

La metodología expuesta en la GUM calcula de forma separada las incertidumbres de tipo A (asociadas a la variable aleatoria, en nuestro caso el ruido) y las de tipo B (debidas al equipo de medida), para posteriormente calcular la incertidumbre combinada.

En el caso que nos ocupa se tendrán en cuenta las incertidumbres debidas al sonómetro (W), a las condiciones de operación (X), a las condiciones climáticas y del suelo (Y) y al sonido residual (Z), la siguiente tabla (ver tabla 3) muestra a modo de resumen las incertidumbres a considerar en el presente estudio [16].

Tabla 3: Descripción de incertidumbres

INCERTIDUMBRE TÍPICA				INCERTIDUMBRE TÍPICA COMBINADA: $\sigma_t = \sqrt{W^2 + X^2 + Y^2 + Z^2} \text{ (dB)}$	INCERTIDUMBRE DE MEDIDA EXPANDIDA: $\pm 2.0\sigma_t \text{ (dB)}$
Debida a la instrumentación: $W \text{ (dB)}$	Debida a condiciones de operación: $X \text{ (dB)}$	Debida a condiciones meteorológicas y de suelo: $Y \text{ (dB)}$	Debida al sonido residual: $Z \text{ (dB)}$		

La incertidumbre típica combinada (σ_t) se expresa mediante la siguiente ecuación (ecuación 3):

$$\sigma_t \text{ (dB)} = \sqrt{(1 \cdot W)^2 + (1 \cdot X)^2 + (1 \cdot Y)^2 + (C \cdot Z)^2} \tag{3}$$

Todos los coeficientes tienen la misma sensibilidad (uno) excepto la correspondiente al nivel de ruido residual (C) en este caso, tomamos como sonido residual el percentil L_{A95} .

El primer paso es comprobar si la diferencia entre el nivel de presión sonora residual y el nivel de presión sonora medido es mayor de 10 dB o menor de 3 dB. Si es así, no debe hacerse ninguna corrección. Por el contrario, cuando la diferencia oscila entre 3 dB y 10 dB se aplica la siguiente corrección (ecuación 4).

$$L_c = 10 \log \left(10^{\frac{L_m}{10}} - 10^{\frac{L_r}{10}} \right) \tag{4}$$

Donde L_c es la presión sonora medida corregida, L_m la presión sonora medida y L_r la presión sonora residual.

A continuación, se calcula la sensibilidad residual C_r mediante la siguiente ecuación (ecuación 5):

$$C_r = \frac{10^{\frac{L_r}{10}}}{10^{\frac{L_t}{10}} - 10^{\frac{L_r}{10}}} \quad (5)$$

Donde L_r es el nivel de presión sonora residual y L_t el nivel de presión sonora total.

Se calcula también, la incertidumbre del nivel sonoro residual Z_r (ecuación 6):

$$Z_r = \sqrt{\sigma_s^2 - \sigma_0^2} \quad (6)$$

Donde σ_s es la incertidumbre del nivel sonoro corregido y σ_0 la incertidumbre del nivel sonoro total medido real.

Se define como el valor de incertidumbre del nivel sonoro residual como la combinación del nivel total y el sonido residual. Por lo que tenemos que la incertidumbre (Z) responde a la siguiente ecuación (ecuación 7):

$$Z = C_r \cdot Z_r \quad (7)$$

V.4.1. Incertidumbre típica debida a la instrumentación

Representa la influencia que ejercen los distintos operadores y equipos en el mismo lugar bajo unas condiciones constantes.

Para calcular la incertidumbre debida a la instrumentación (W) utilizamos la siguiente ecuación (ver ecuación 8):

$$W (dB) = \delta_{PFE} + \delta_{PFA} + \delta_{LS} + \delta_{RMS} + \delta_{PT} + \delta_{CA} + \delta_{CC} + \delta_{ES} + \delta_{TS} + \delta_{PS} + \delta_{CS} + \delta_{PA} + \delta_{OB} \quad (8)$$

Estas correcciones se pueden dividir en dos grupos:

- Un primer grupo relacionado con la operativa del sonómetro y que se obtiene de los valores de verificación acústica y eléctrica (normas UNE 60651 y 60684) que va desde δ_{PFE} hasta δ_{ES} .
- Un segundo grupo asociados al uso del sonómetro desde δ_{TS} hasta el último δ_{OB} .

A continuación, se detalla cada uno de los términos:

- δ_{PFE} : Representa la corrección de calibración eléctrica del nivel de presión sonora con ponderación A (ver ecuación 9).

$$u(\delta_{PFE}) = \frac{U_E}{K_n} = \frac{\pm 0,15}{2} = \pm 0,075 \text{ dB} \quad (9)$$

Donde U_E es la incertidumbre expandida certificada y $K_n = 2$ indica una probabilidad de encontrar un valor verdadero de la magnitud en el intervalo señalado por la incertidumbre ampliada del 95,45% de la componente de la incertidumbre estándar.

- δ_{PFA} : Representa la corrección de calibración acústica del nivel de presión sonora con ponderación A (ver ecuación 10).

$$u(\delta_{PFE}) = \frac{U_E}{K_n} = \frac{\pm 0,15}{2} = \pm 0,075 \text{ dB} \quad (10)$$

Donde U_E y $K_n = 2$ representan lo mismo que en el apartado anterior.

- δ_{LS} : Representa la corrección asociada con la linealidad del sonómetro en su rango de referencia (ver ecuación 11).

$$u(\delta_{LS}) = \sigma_L = 0,011 \text{ dB} \quad (11)$$

- δ_{RMS} : Representa la corrección asociada con detector RMS del sonómetro evaluada eléctricamente. Se calcula a partir de la desviación típica de las desviaciones en dB de la precisión del detector RMS (ver ecuación 12).

$$u(\delta_{RMS}) = \sigma_R = 0,055 \text{ dB} \quad (12)$$

- δ_{PT} : Representa la corrección asociada con la función de ponderación temporal (ver ecuación 13).

$$u(\delta_{PT})_{fast \ o \ slow} = \frac{\Delta_{PT}}{\sqrt{3}} = \frac{0,1}{\sqrt{3}} = 0,058 \text{ dB} \quad (13)$$

Donde $\Delta_{PT} = 0,1$ representa la máxima de las desviaciones constantes temporales. En este caso la Slow es la más restrictiva.

- δ_{CA} : Representa la corrección asociada con el ajuste inicial del sonómetro utilizando un calibrador acústico (ver ecuación 14).

$$u(\delta_{CA}) = \frac{E_s}{2\sqrt{3}} = \frac{0,1}{2\sqrt{3}} = 0,029 \text{ dB} \quad (14)$$

Donde E_s es la resolución del sonómetro o lo que es lo mismo el dígito menos significativo.

- δ_{CC} : Representa la corrección de utilización del calibrador acústico sobre su valor certificado. El valor del nivel de presión sonora generado por el calibrador no es el que tenemos certificado porque las condiciones ambientales en las que lo estamos utilizando pueden ser distintas a las de calibración y además su valor deriva con el tiempo. Por lo tanto, la corrección δ_{CC} modela este hecho y su incertidumbre asociada será la incertidumbre de uso del calibrador (ver ecuación 15).

$$u(\delta_{CC}) = \frac{U_C}{K_n} = \frac{\pm 0,11}{2} = \pm 0,055 \text{ dB} \quad (15)$$

Donde U_C es la incertidumbre expandida de uso del calibrador.

- δ_{ES} : Representa la corrección asociada a la resolución finita del valor de la indicación del sonómetro (ver ecuación 16).

$$u(\delta_{ES}) = \frac{E_s}{2\sqrt{3}} = \frac{0,1}{2\sqrt{3}} = 0,003 \text{ dB} \quad (16)$$

Donde δ_{ES} es la resolución del sonómetro (dígito menos significativo), cuando volcamos los datos.

- δ_{TS} : Representa la corrección asociada con la influencia de las variaciones de temperatura (ver ecuación 17).

$$u(\delta_{TS}) = \frac{\alpha_M \cdot \Delta_T}{\sqrt{3}} = \frac{0,015(23^\circ\text{C} - T_M)}{\sqrt{3}} \quad (17)$$

Donde α_M es el coeficiente de variación con la temperatura y T_M la temperatura en grados Celsius en el momento de la medida.

- δ_{PS} : Representa la corrección asociada con la influencia de las variaciones de la presión atmosférica (ver ecuación 18).

$$u(\delta_{PS}) = \frac{\gamma_M \cdot \Delta_P}{\sqrt{3}} = \frac{0,019(1013\text{hPa} - P_M)}{\sqrt{3}} \quad (18)$$

Donde P_M es la presión atmosférica de medida y γ_M el coeficiente de variación de la presión ponderado en frecuencia.

- δ_{CS} : Representa la corrección asociada con la influencia de la carcasa del sonómetro. Modela el efecto de la perturbación del campo debido a la presencia del sonómetro y es función de la frecuencia. De las especificaciones del fabricante, la incertidumbre asociada será (ver ecuación 19):

$$u(\delta_{CS}) = \frac{\Delta_{CS}}{\sqrt{3}} = 0,012 \quad (19)$$

Donde Δ_{CS} es una desviación sobre cero máxima ponderada con la frecuencia.

- δ_{PA} : Representa la corrección asociada con la influencia de la pantalla anti-viento. Caso similar al de la carcasa. Hay sonómetros con filtro corrector para minimizar el efecto. Es función de la frecuencia y se obtiene a partir de la siguiente ecuación (ver ecuación 20):

$$u(\delta_{PA}) = \frac{\Delta_{PA}}{\sqrt{3}} = 0,017 \quad (20)$$

Δ_{PA} : Representa la desviación máxima ponderada con la frecuencia suponiendo una distribución uniforme en el intervalo $\pm\Delta_{PA}$.

- δ_{OB} : Representa la corrección asociada con la influencia del observador en función del tamaño y la posición del observador respecto al sonómetro. y dependiente de la frecuencia. Es función de la frecuencia y se obtiene a partir de la siguiente ecuación (ver ecuación 21):

$$u(\delta_{OB}) = \frac{\Delta_{OB}}{\sqrt{3}} = 0,015 \quad (21)$$

Para evaluar su incertidumbre, se seleccionan ventanas en el rango de frecuencia y se determina en ellas el máximo de desviación sobre cero. La media de las ventanas Δ_{OB} sirve para determinarla.

En este trabajo las medidas de campo se realizaron únicamente durante el periodo día. Por lo tanto, las incertidumbres típicas debidas a la instrumentación se asumirán iguales para los dos periodos (día y noche).

Después de realizar los respectivos cálculos, los resultados asociados a la incertidumbre debida a la instrumentación (W) calculada para cada punto se reflejan en la siguiente tabla (ver tabla 4):

Tabla 4: Incertidumbre de instrumentación.

Punto	Incertidumbre Instrumentación W (dBA)	Punto	Incertidumbre Instrumentación W (dBA)	Punto	Incertidumbre Instrumentación W (dBA)
P01	0.9	P08	0.9	P15	0.9
P02	0.9	P09	0.9	P16	0.9
P03	0.9	P10	0.9	P17	0.9
P04	0.9	P11	0.9	P19	0.9
P05	0.9	P12	0.9	P20	0.9
P06	0.9	P14	0.9		

V.4.2. Incertidumbre típica debida a las condiciones de funcionamiento.

Si no se dispone de una información mejor, la incertidumbre típica debida a las condiciones de funcionamiento (X) se puede aproximar mediante la siguiente ecuación (22):

$$X(dB) = \frac{10}{\sqrt{n}} \tag{22}$$

Siendo n el número de vehículos que pasan en una hora (ligeros y pesados).

Los resultados asociados a cada periodo del día de la incertidumbre calculada debida a las condiciones de funcionamiento (X) se muestran en la siguiente tabla (ver tabla 5):

Tabla 5: Incertidumbres de Operación.

Punto	Incertidumbre Operación Día X_d (dBA)	Incertidumbre Operación Noche X_n (dBA)	Punto	Incertidumbre Operación Día X_d (dBA)	Incertidumbre Operación Noche X_n (dBA)
P01	0,7	1,6	P11	0,4	0,8
P02	0,5	1,1	P12	0,5	1,1
P03	0,6	1,4	P14	0,6	1,4
P04	0,5	1,0	P15	0,7	1,5
P05	0,4	0,9	P16	0,6	1,3
P06	0,5	1,2	P17	0,7	1,6
P08	0,4	1,0	P19	0,6	1,3
P09	0,3	0,7	P20	0,5	1,0
P10	0,8	1,8			

V.4.3. Incertidumbre típica debida a las condiciones meteorológicas y de suelo

Esta incertidumbre (Y) depende de la distancia de medida y las condiciones meteorológicas. En medidas de poco tiempo, como es nuestro caso, las variaciones en las condiciones de suelo son pequeñas.

Las variaciones en las condiciones de suelo son importantes para medidas de larga duración, para una superficie de terreno dura entre la fuente y el receptor, en cambio se puede estimar una incertidumbre típica debida a las condiciones meteorológicas y de suelo (Y) de 0.5 dB para todos los puntos de medida del presente estudio debido a la corta duración de las mediciones.

V.4.4. Incertidumbre típica debida al Sonido Residual

Con el fin de agilizar el proceso de toma de medidas no se ha medido el ruido de fondo, sin embargo, se puede estimar el nivel de presión sonora residual ($L_{residual}$), tomando el percentil L_{95} de cada una de las medidas y puntos y comparándolo con el nivel de presión sonora medido (L_{medido}), teniendo en cuenta las siguientes condiciones:

- Si el nivel de presión sonora residual está 10 dB o más por debajo del nivel de presión sonora medido, no se realizan correcciones.
- Si la diferencia entre nivel de presión sonora residual y el nivel de presión sonora medido es de 3 dB o menos, no se realizan correcciones.
- Si la diferencia entre nivel de presión sonora residual y el nivel de presión sonora medido está entre 3 dB y 10 dB, se aplica la siguiente corrección (ver ecuación 23):

$$L_{corr}(dB) = 10 \log \left(10^{\frac{L_{medido}}{10}} - 10^{\frac{L_{residual}}{10}} \right) \quad (23)$$

En este estudio las diferencias entre la ecuación $L_{Aeq} - L_{A95}$ son todas superiores a 10 dB por lo tanto no es necesario realizar correcciones debidas al sonido residual.

V.4.5. Incertidumbre Combinada

La incertidumbre combinada (σ_t) se calcula a partir de los valores de las incertidumbres típicas parciales y según la siguiente ecuación (ver ecuación 24).

$$\sigma_t(dB) = \sqrt{(1 \cdot W)^2 + (1 \cdot X)^2 + (1 \cdot Y)^2 + (C \cdot Z)^2} \quad (24)$$

Y una vez obtenido el valor de la incertidumbre combinada, la incertidumbre expandida (en dB) se obtiene multiplicando el valor por 2:

$$\pm 2 \sigma_t$$

La siguiente tabla (ver tabla 6) muestra los valores de incertidumbre combinada calculados.

Tabla 6: Incertidumbres Combinada y Expandida calculados

Punto	Incertidumbre Combinada σ_t (dB)	Incertidumbre Expandida $\pm 2 \cdot \sigma_t$ (dB)	Punto	Incertidumbre Combinada σ_t (dB)	Incertidumbre Expandida $\pm 2 \cdot \sigma_t$ (dB)
P01	1,3	2,5	P11	1,1	2,2
P02	1,1	2,3	P12	1,2	2,4
P03	1,2	2,4	P14	1,2	2,4
P04	1,1	2,2	P15	1,2	2,4
P05	1,1	2,2	P16	1,2	2,4
P06	1,2	2,3	P17	1,3	2,5
P08	1,1	2,2	P19	1,2	2,4
P09	1,1	2,2	P20	1,1	2,3
P10	1,3	2,6			

La siguiente tabla (ver tabla 7) muestra las medidas experimentales en periodo diurno realizadas junto con la incertidumbre expandida asociada a cada una de ellas. Todas las medidas experimentales y las condiciones meteorológicas del momento de la toma de las mismas se pueden consultar en el anexo I del presente trabajo (ver anexo I).

Tabla 7: Medidas experimentales e incertidumbre asociada.

Punto	L_{Aeq} [dBA] Experimental	Punto	L_{Aeq} [dBA] Experimental	Punto	L_{Aeq} [dBA] Experimental
P01	64,6 ±2,5	P08	68,8 ±2,2	P15	74,3 ±2,4
P02	64,5 ± 2,3	P09	72,1 ±2,2	P16	70,2 ±2,4
P03	63,5 ±2,4	P10	64,8 ±2,6	P17	69,6 ±2,5
P04	71,4 ±2,2	P11	71,5 ±2,2	P19	70,6 ±2,4
P05	72,3 ±2,2	P12	70,1 ±2,4	P20	69,5 ±2,3
P06	67,8 ±2,3	P14	66,7 ±2,4		

VI. RESULTADOS

En este capítulo de resultados, presentaremos los MER realizados para el presente estudio. Los siguientes mapas estratégicos de ruido han sido desarrollados bajo una metodología sencilla, explicada en el capítulo IV del presente trabajo, la distribución espacial y temporal de las mediciones y el flujo de tráfico vehicular, con un muestreo representativo y significativo de calles y zonas de la ciudad de Sueca, complementado con metodologías de predicción mediante software en el que se introduce la información recopilada en el trabajo de campo (*ver anexo I*) entre otros, datos de tráfico, tipo de asfalto, altura de edificios y zonas verdes o parámetros como la distancia en el mallado de cálculo. La absorción del terreno, en nuestro caso únicamente se ha tenido en cuenta dos tipos de capacidad de absorción del suelo:

- Las zonas urbanas se han considerado como superficies acústicamente reflectantes con el propósito de reproducir la reflexión acústica producida por la pavimentación, con un factor del suelo $G = 0$.
- El resto de las zonas como áreas sin edificaciones, rurales, ajardinadas, zonas verdes, se han considerado como acústicamente absorbentes, con una constante $G = 1$.

Las simulaciones mediante software han sido ajustadas teniendo en cuenta la distribución temporal y el muestreo de tráfico vehicular realizado para que los valores sean lo más fieles posible a la realidad. Así pues, se va a comparar los valores de los puntos medidos experimentalmente, con los valores obtenidos por simulación en los puntos que se introdujeron como receptores en el software. Esta simulación ha sido estudiada, analizada, y ajustada para conseguir diferencias en valor absoluto entre los niveles experimentales y simulados menores o iguales a 3 dBA pudiendo justificar así la veracidad de los valores simulados. Una vez validado el método de simulación se obtienen los niveles a 4 metros (para realizarlos según norma) y se muestran los resultados en el siguiente apartado.

VI.1. Validación del método de simulación

Para validar los resultados obtenidos por simulación, se considera en el presente apartado comparar los niveles de ruido experimentales y los obtenidos con el software de simulación para posteriormente correlarlos y evaluar la calidad de la simulación.

A continuación, se presenta una tabla (*ver tabla 8*) con los valores medidos experimentalmente, los valores resultado de la simulación en *Predictor* y la diferencia entre los mismos. La diferencia entre los valores se presenta además de forma más visual en la *figura 8*.

Tabla 8: Comparación niveles medidos y simulados.

Punto	L_{Aeq} [dBA] Experimental	L_{Aeq} [dBA] Simulado	Diferencia [dBA]
P01	64,6	64,3	0,3
P02	64,5	65,7	-1,2
P03	63,5	62,4	1,1
P04	64,9	66,3	-1,4
P05	72,3	69,3	3,0
P06	63,5	63,0	0,5
P08	68,8	68,8	0,0
P09	72,1	74,8	-2,7
P10	64,8	63,5	1,3

Punto	L_{Aeq} [dBA] Experimental	L_{Aeq} [dBA] Simulado	Diferencia [dBA]
P11	71,5	69,8	1,7
P12	67,2	68,7	-1,5
P14	63,4	64,6	-1,2
P15	65,8	67,6	-1,8
P16	64,8	66,5	-1,7
P17	64,5	66,5	-2,0
P19	64,3	66,9	-2,6
P20	64,8	64,4	0,4

VI.2. Mapas de niveles sonoros de la ciudad Sueca

Una vez realizado el proceso de simulación y validados los niveles obtenidos con los valores experimentales, se muestran los mapas de niveles sonoros de la ciudad de Sueca correspondientes a las calles y avenidas más críticas (ver figuras 10, 11, 12).

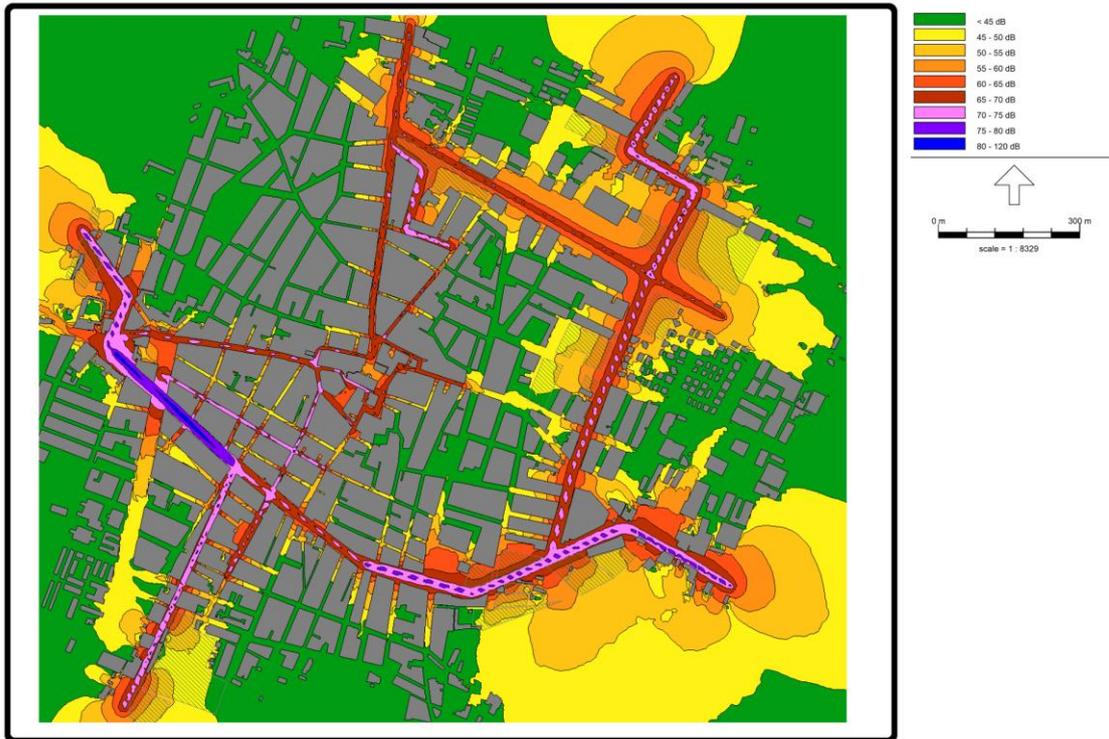


Figura 80: Nivel día Ciudad de Sueca.

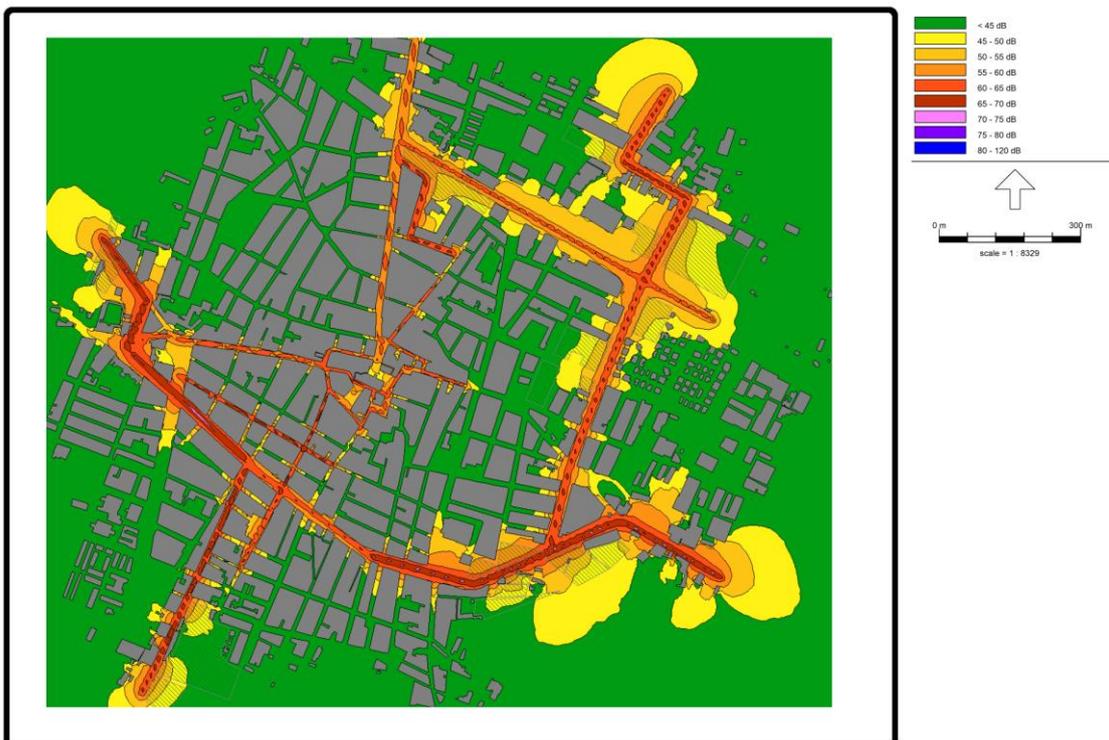


Figura 91: Nivel noche Ciudad de Sueca.

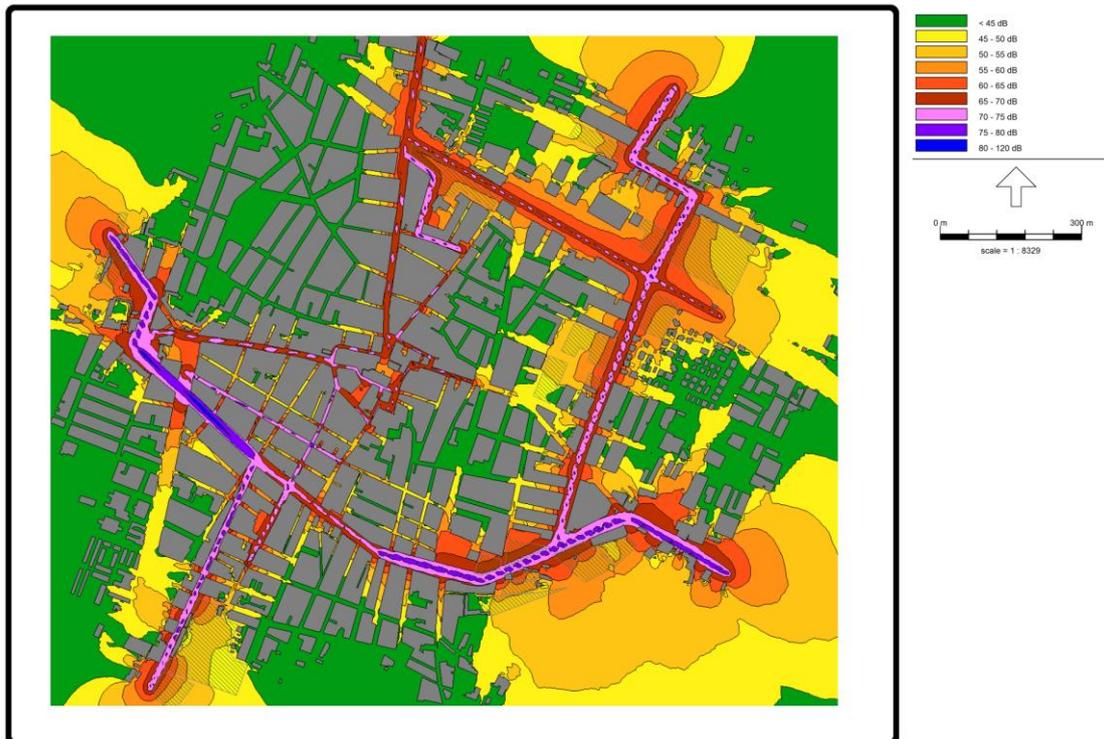


Figura 102: Nivel 24H Ciudad de Sueca.

Los anteriores mapas de niveles sonoros, resultado de la simulación, nos aporta una visión general aproximada de los niveles de ruido generado por el flujo de tráfico vehicular de las principales calles y avenidas ruidosas a los que está expuesta la ciudad de Sueca.

VI.2.1. Diagnóstico del grado de exposición al Ruido

A continuación, presentamos los resultados de los niveles de ruido (L_{den}) a los que se encuentran sometidas en la ciudad de Sueca según las zonas de estudio (ver figura 7).

Para los siguientes cálculos de exposición al ruido en la ciudad de Sueca, se considera una población total de 27598 habitantes [12], esta cifra se considera únicamente para territorio urbano (ver figura 3), reduciendo así a 2.4 km² la superficie habitada por la población, de tal manera que estimamos la densidad de población en 11499 habitantes por km².

VI.2.2. Análisis de superficie y población expuesta a ruido

Como en la representación del MR de la ciudad de Sueca anteriormente presentado únicamente se visualizan los niveles de las calles y avenidas más críticas de la urbe, para generalizar la visión de los niveles de ruido sufridos por la población se considera realizar un estudio particular por cada zona de estudio (suelo expuesto). El análisis del suelo expuesto se realiza por zonas a partir de su superficie y en relación aritmética porcentual (%) con el área total en estudio. La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos para cada una de las zonas de estudio (ver tabla 9).

Tabla 9: Zonas, superficies y niveles de exposición

Punto	Zona	L_{den} [dBA]	Superficie [km ²]	Superficie [%]
P01	Z1	66,3	0,27	11,1
P02				
P03	Z2	66,7	0,48	19,7
P04				
P17				
P05	Z3	70,7	0,19	7,8
P06	Z4	64,3	0,17	7,0
P08	Z5	69,9	0,66	27,0
P09	Z6	71,3	0,37	15,2
P10				
P11				
P12				
P14	Z7	68,5	0,12	4,9
P15				
P16				
P19				
P20	Z8	65,7	0,18	7,4

La *Directiva Europea 2002/49/CE* en su *Anexo IV* solicita estimar el número de personas (con aproximación a la centena) expuestas en sus viviendas a los diferentes valores de L_{den} (en rangos de 5 dBA), evaluados a 4 metros de altura en la fachada más expuesta.

Si se pretende obtener valores precisos serían necesarios datos fiables y actualizados de tipo catastral, así como valores de ruido calculados en las fachadas de los edificios. En este trabajo los indicadores presentados corresponden a una estimación debido a que no se cuenta con mapas de fachada ni con número exacto de personas que habitan en la zona de estudio.

La siguiente tabla (*ver Tabla 10*) muestra la población expuesta en número de habitantes y en relación aritmética porcentual con el total de habitantes de la ciudad de Sueca.

Tabla 10: Zonas, habitantes y niveles de exposición

Punto	Zona	L_{den} [dBA]	Población Expuesta [Habitantes]	Población Expuesta [%]
P01	Z1	66,3	3100	11
P02				
P03	Z2	66,7	5400	20
P04				
P17				
P05	Z3	70,7	2100	8
P06	Z4	64,3	1900	7
P08	Z5	69,9	7500	27

P09	Z6	71,3	4200	15
P10				
P11				
P12				
P14	Z7	68,5	1400	5
P15				
P16				
P19				
P20	Z8	65,7	2000	7

En la *tabla 11* se muestra, en modo resumen, el área expuesta y el número de habitantes expuestos a niveles de ruido por franjas de 5 dBA. Este tipo de análisis es comúnmente incluido en informes oficiales de MER como por ejemplo el “*Mapa Estratégico de Ruido Valencia 2017*”.

Tabla 11: Niveles y población afectada

L_{den} [dBA]	Área Expuesta		Población Expuesta	
	[km ²]	[%]	Habitantes [Aprox. Centena]	[%]
60-65	0,17	7,0	1 900	6,9
65-70	1,71	70,1	19 400	70,3
70-75	0,56	23,0	6 300	22,8

VI.2.3 Estimación del porcentaje de personas Molestas y Altamente Molestas por el ruido.

Como hemos visto anteriormente una de las diferencias entre un MR y MER es que los MER además de presentar los niveles de ruido (objetivo) presentan estudios de percepción (subjetivo) del mismo ruido por parte de los habitantes del área evaluada. Ya que en este trabajo no se realizaron estudios subjetivos como lo pueden ser las encuestas a la población, se opta por estimar mediante fórmulas el número de personas que consideran los ruidos que sufren como *molestos* o *altamente molestos*.

Para realizar estimaciones de personas molestas y muy molestas por el ruido, existen al menos dos procedimientos diferentes. En el primero, incluido en el *Anexo D de la norma ISO 1996-1*, “*Estimación del Porcentaje de una Población Fuertemente Molestada en Función de los Niveles Acústicos Día/Noche Corregidos*” la cual es aplicable sólo a los niveles de ruido medidos a largo plazo como por ejemplo una medida anual. El segundo procedimiento es el que aplicaremos en este trabajo y que explicaremos a continuación.

Las siguientes estimaciones se realizan en base a relacionar los niveles de ruido producidos por el tráfico rodado y la respuesta de molestia de los habitantes de las zonas estudiadas (relación dosis-efecto), propuesta presentada por el *Grupo de Trabajo 2 de Dosis/Efecto (WG2)* de la Unión Europea. Este grupo de trabajo recomienda que los porcentajes de personas molestas (%A) y altamente molestas por el ruido (%AH), deben ser usados como descriptores de la molestia por ruido en la población afectada.

Los siguientes polinomios son aproximaciones simples de usar y suficientemente seguros para propósitos prácticos como el caso que nos ocupa. Para tráfico rodado son (ver ecuaciones 25 y 26):

$$\%A = 1.795 \cdot 10^{-4} \cdot (L_{den} - 37)^3 + 2.110 \cdot 10^{-2} (L_{den} - 37)^2 + 0.535 \cdot (L_{den} - 37) \quad (25)$$

$$\%HA = 9.868 \cdot 10^{-4} \cdot (L_{den} - 42)^3 + 1.436 \cdot 10^{-2} (L_{den} - 42)^2 + 0.511 \cdot (L_{den} - 42) \quad (26)$$

La siguiente tabla (ver tabla 12) muestra los porcentajes estimados de personas molestas y altamente molestas para cada punto de medida calculados.

Tabla 12: Porcentajes de personas molestas y altamente molestas.

Punto	%A	%HA
P01	35,9	16,5
P02	40,4	19,6
P03	32,8	14,4
P04	41,3	20,2
P05	48,9	26,2
P06	34,0	15,2
P08	46,8	24,5
P09	60,1	36,2
P10	33,8	15,1

Punto	%A	%HA
P11	49,9	27,1
P12	45,4	23,3
P14	39,7	19,1
P15	43,4	21,8
P16	45,1	23,2
P17	41,7	20,6
P19	44,4	22,6
P20	37,0	17,2

En la siguiente tabla se muestran los resultados por zonas (ver Tabla 13).

Tabla 13: Porcentajes de personas molestas y altamente molestas por zonas.

Zona	%A	%HA
Z1	21,8	18,1
Z2	22,5	18,8
Z3	29,8	26,2
Z4	18,7	15,2

Punto	%A	%HA
Z5	28,2	24,5
Z6	28,4	27,5
Z7	25,4	21,8
Z8	20,7	17,2

VI.2.4 Análisis de centros sensibles

La siguiente tabla (ver tablas 14 y 15) resume los centros analizados, los niveles de ruido de tráfico rodado a los que son sometidos y si se cumple o no con los niveles establecidos en la vigente legislación.

Tabla 14: Niveles día en centros sensibles.

CENTRO	USO DOMINANTE	L_d [dBA]	CUMPLE Ley 7/2002	CUMPLE RD 1367/2007
Asilo de Ancianos	Sanitario	63,8	NO	NO
IES Joan Fuster	Docente	65,6	NO	NO
Centro Ocupacional	Docente	65,6	NO	NO
Ambulatorio Sueca	Sanitario	62,1	NO	NO
Escoles Carrasquer	Docente	66,1	NO	NO

Tabla 15: Niveles noche en centros sensibles.

CENTRO	USO DOMINANTE	L_n [dBA]	CUMPLE Ley 7/2002	CUMPLE RD 1367/2007
Asilo de Ancianos	Sanitario	56,6	NO	NO
IES Joan Fuster	Docente	58,7	NO	NO
Centro Ocupacional	Docente	58,7	NO	NO
Ambulatorio Sueca	Sanitario	55,3	NO	NO
Escoles Carrasquer	Docente	59,0	NO	NO

VI.3. Mapa Estratégico de Ruido del Casco Antiguo

Durante la fase de simulación acotamos la zona de predicción a las calles que circundan el casco antiguo de la ciudad de Sueca con el fin de elaborar el mapa estratégico de la zona y poder observar con más detalle la situación en lo que a ruido de tráfico rodado se refiere.

VI.3.1 Mapas de niveles sonoros del Casco Antiguo de Sueca estado actual

A continuación se presenta el Mapa de Niveles Sonoros en estado actual del casco antiguo de la ciudad de Sueca (ver figuras 13, 14, 15).

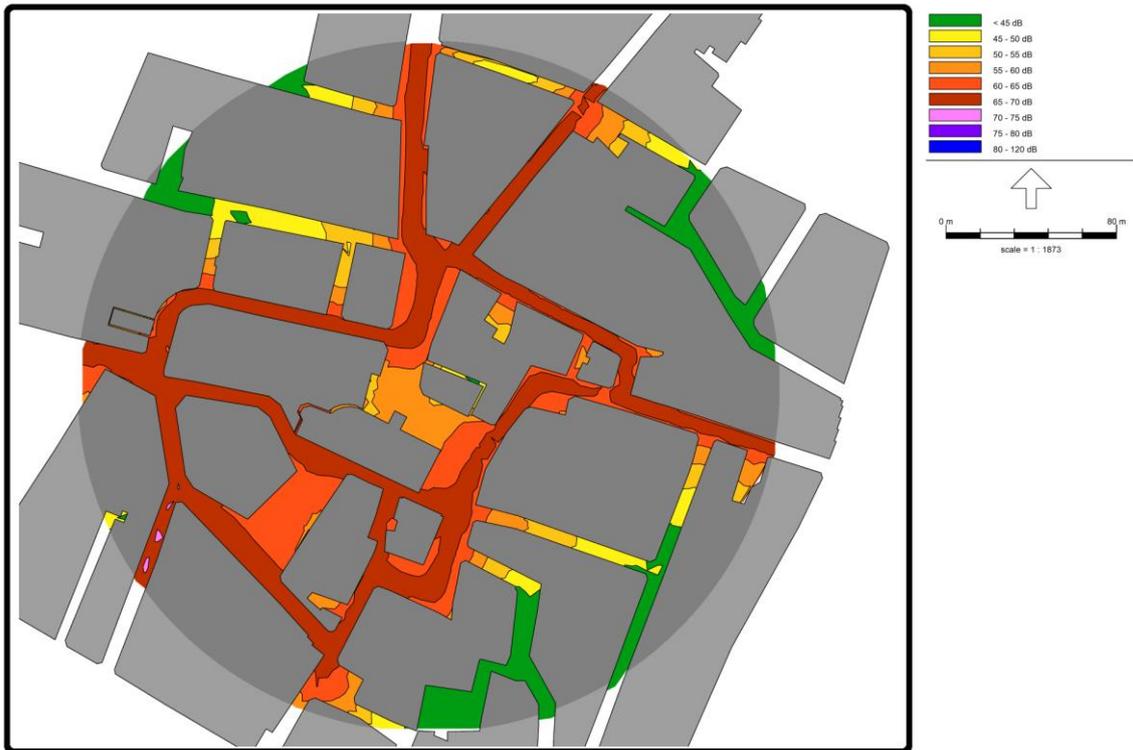


Figura 113: Nivel día Casco Antiguo Sueca Actual.

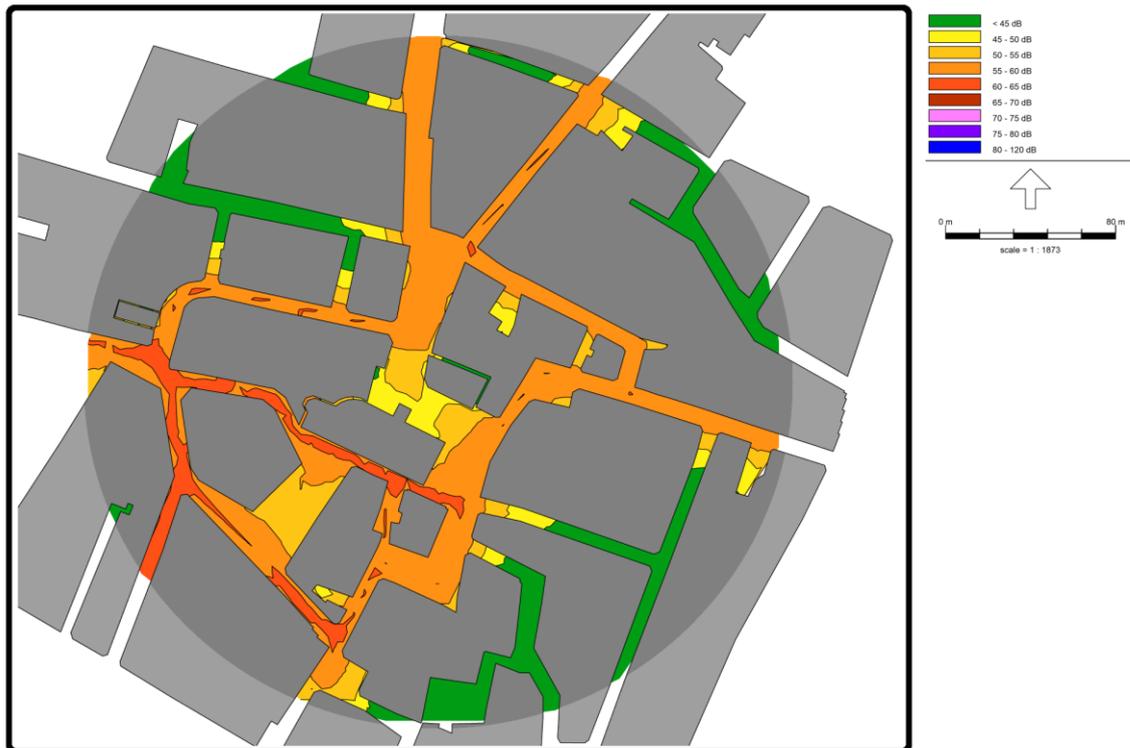


Figura 124: Nivel noche Casco Antiguo Sueca Actual.

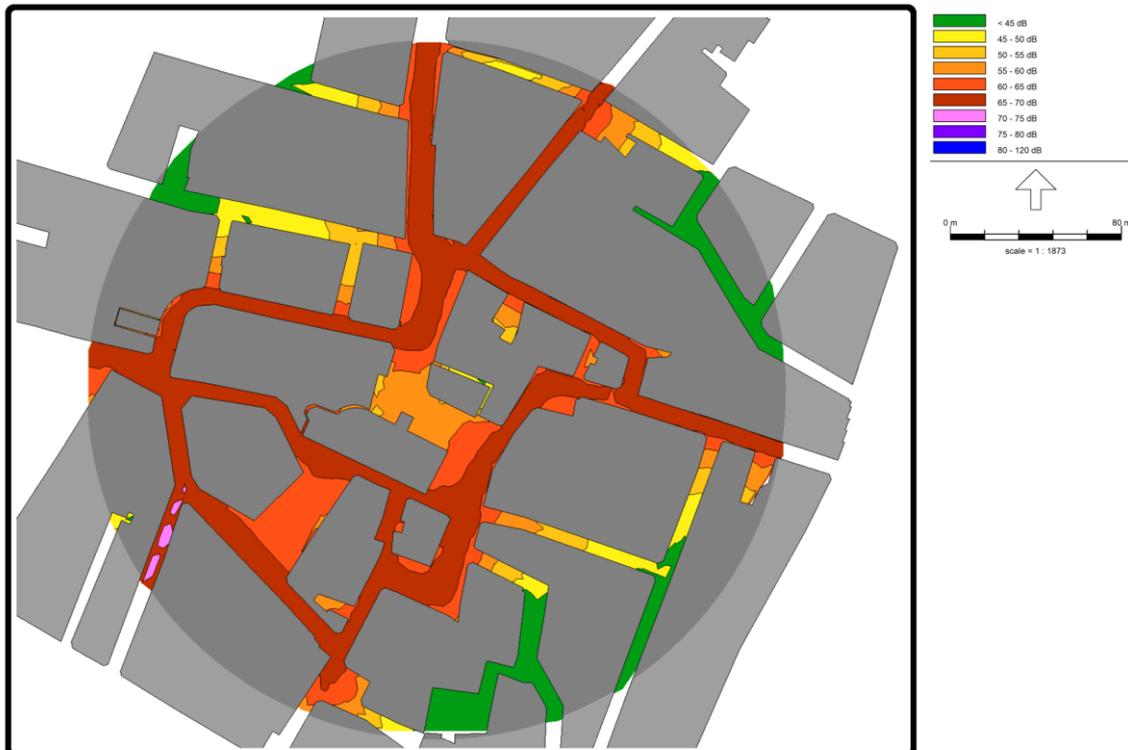


Figura 135: Nivel 24H Casco Antiguo Sueca Actual.

La información detallada de niveles, superficie y población expuesta del casco antiguo (Zona 7) puede verse en detalle en el capítulo VI.1.2 del presente trabajo (ver tabla 13).

VI.3.2 Mapas de niveles sonoros del Casco Antiguo de Sueca estado operacional

Uno de los objetivos del presente trabajo es el de predecir el efecto que tendría peatonalizar el casco antiguo de la ciudad de Sueca (Zona 7), lo que conlleva la prohibición de circulación de tráfico rodado por las calles interiores de dicha zona. El siguiente Mapa de Niveles Sonoros presenta el resultado simulado de peatonalizar las calles y el efecto acústico que tendría desviar el tráfico existente por calles derivadas (ver figuras 16, 17, 18).

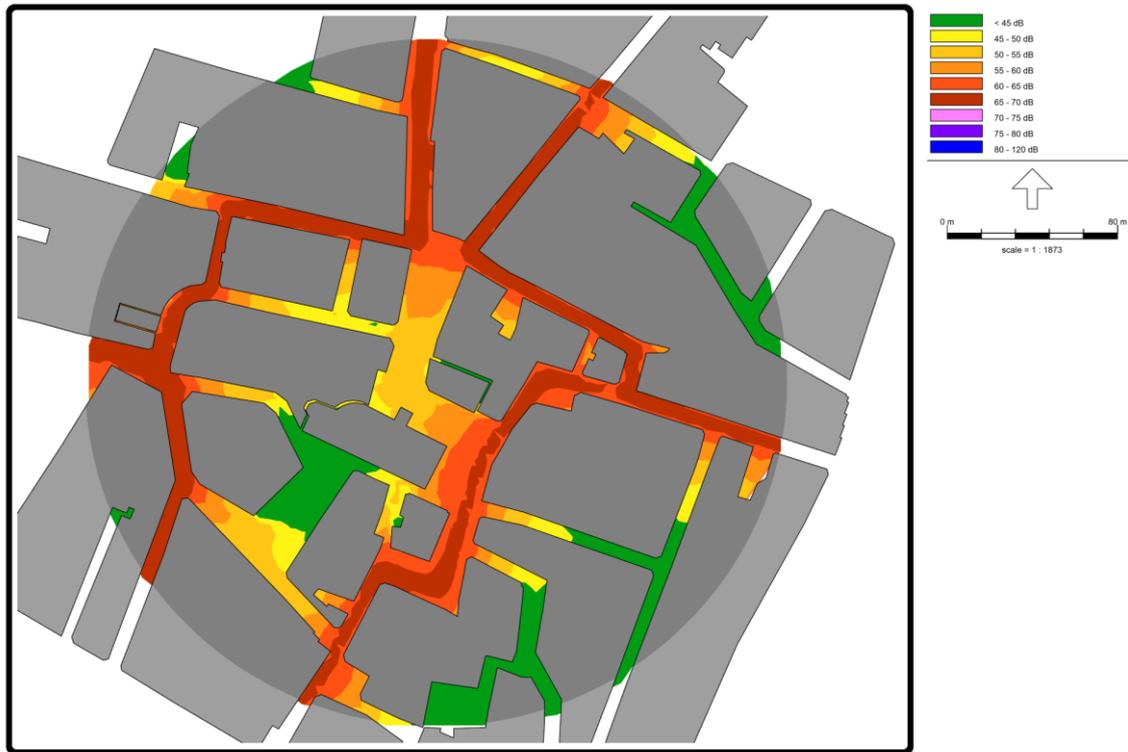


Figura 146: Nivel día Casco Antiguo Sueca Operacional.

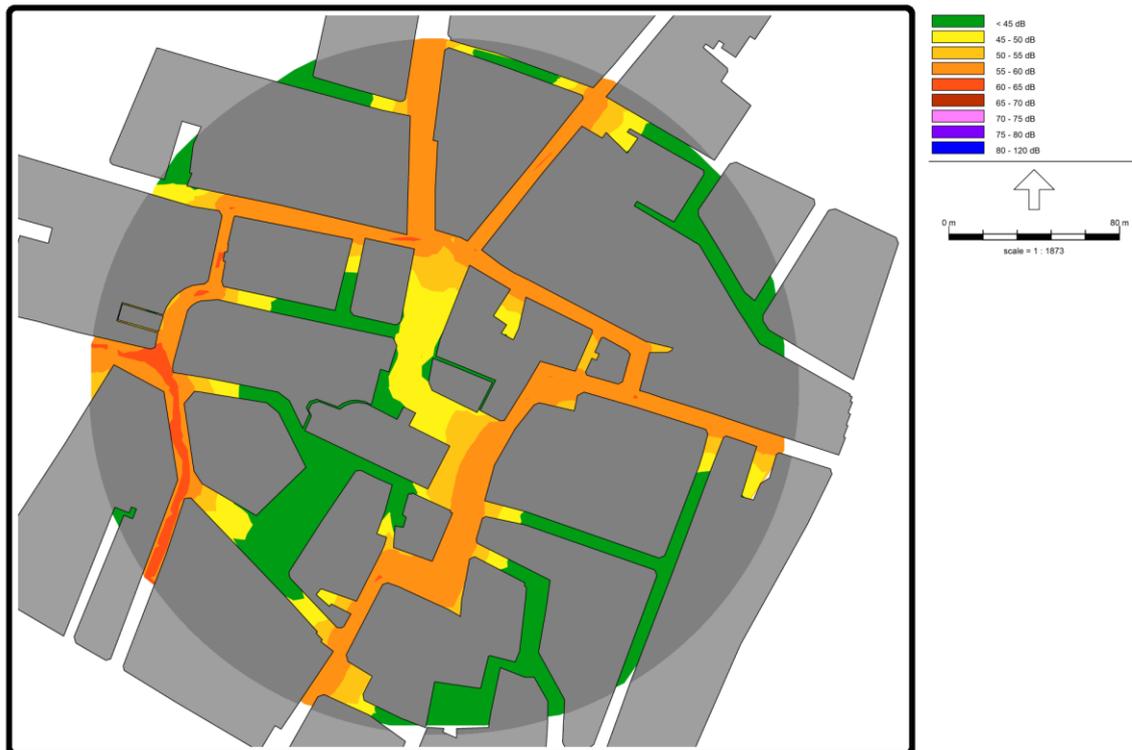


Figura 157: Nivel noche Casco Antiguo Sueca Operacional.



Figura 18: Nivel 24H Casco Antiguo Sueca Operacional.

La siguiente tabla (ver tabla 16) resume los resultados del estado operativo y lo compara con el estado actual del casco antiguo de la ciudad de Sueca para poder apreciar la mejora que supondría. La totalidad de los mapas sonoros resultado de la simulación en *Predictor* pueden consultarse en el anexo II del presente trabajo (ver anexo II).

Tabla 16: Comparativa de estado actual y operacional Casco Antiguo Sueca.

Casco Antiguo Sueca	L_d [dBA]	L_n [dBA]	L_{den} [dBA]	%A [%]	%HA [%]
Estado actual	67,0	59,8	68,5	25,4	21,8
Estado operacional	63,4	56,1	63,9	19,2	14,7
Mejora estimada	3.6	3.7	4.6	6.2	7.1

VII. PROPUESTA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN

Al contar con un Mapa Estratégico de Ruido podemos proponer de manera fundada ciertas medidas contra el ruido que consideramos pueden aportar una disminución considerable de los niveles acústicos a los que se ven sometidos los habitantes de la ciudad de Sueca.

En dichas medidas intervienen factores como: los hábitos de las personas, la conciencia social, la motivación, el desconocimiento de los efectos del ruido a medio y largo plazo en la salud de las personas, el estado de infraestructuras como las carreteras, edificios de viviendas y un largo etcétera de aspectos que no son fácilmente modificables.

Un buen comienzo puede ser el adoptar medidas preventivas en todos los niveles, fomentar campañas de educación en entornos de la vida diaria, en entidades educativas, en la industria y en cualquier lugar que permita el trabajo en una conciencia colectiva del riesgo que nos supone el ruido.

Eliminar el tráfico rodado o prohibirlo en las áreas urbanas es una medida impensable mientras no contemos con una solución de transporte rodado en el que no intervengan motores a combustión (el caso ideal sería con motores eléctricos). El uso de asfaltos fonoabsorbentes es una medida posible pero económicamente costosa, sin embargo, el fomento del uso de medios de transporte con un impacto menor en los niveles de ruido puede ser un buen comienzo, masificar el uso de bicicletas y vehículos eléctricos aportaría sin duda una reducción en los niveles emitidos durante el proceso de transporte de personas y mercancías.

Los objetivos de calidad hacen referencia a niveles recibidos en la fachada más expuesta de las viviendas, por lo tanto una mejora en el aislamiento de los edificios conlleva a la disminución del ruido percibido en su interior por lo que cualquier medida encaminada en este sentido como pueden ser el control del cumplimiento de normas como el vigente Código Técnico de la Edificación aprobado en el año 2006, fomentar el reacondicionamiento de las viviendas ya construidas por medio de subvenciones y ayudas a la mejora del nivel de aislamiento en paredes, puertas, ventanas, etc., se verá reflejada en el bienestar de la población.

Mantener actualizada información en la que se basan los MER como la catastral, de índices de población, de niveles de ruido en fachadas, son una forma de garantizar que los resultados de los MER sean una certera aproximación a la situación real lo que conlleva a una buena planificación por parte de las autoridades y utilizar herramientas como los planes acústicos municipales (PAM) en la toma de decisiones correctoras para disminuir los niveles sonoros.

VIII. CONCLUSIONES

Para la búsqueda de soluciones o medidas que contrarresten los efectos del ruido ambiental en la salud de los humanos, es necesario llegar a un conocimiento real de la situación previa a cualquier propuesta. Por esta razón los Mapas Estratégicos de Ruido son tal vez la herramienta más importante con la que contamos en la lucha contra el ruido ambiental.

A partir de toda la información y datos recabados y analizados, las mediciones, los cálculos y simulaciones y los resultados obtenidos, podemos concluir que la solución a la contaminación acústica generada por el tráfico rodado en la ciudad de Sueca no es simple ni rápida, los niveles de ruido generado por el tráfico rodado superan en el mejor de los casos en 4 dBA los valores objetivo según la normativa vigente. Factores como el estado actual de la malla vial, la no existencia de un MER de la ciudad, la organización del territorio, entre otros, dificulta las posibles soluciones a la problemática de contaminación acústica reflejada en el presente estudio.

En el caso puntual de estudio para este trabajo, podemos concluir que la ciudad de Sueca sufre en todas las zonas estudiadas, niveles de ruido que se encuentran muy por encima de aquellos que exige la normativa vigente. El sector con niveles más bajos de ruido corresponde a la zona 4 del presente estudio (ver tabla 9) que supera en más de 4 dBA los niveles estipulados en la normativa vigente.

De la tabla 7 presentada en el capítulo *Cálculo de incertidumbres en las medidas* se concluye que los valores obtenidos de incertidumbre son pequeños en comparación con las medidas experimentales, por lo tanto, se consideran las medidas realizadas como correctas debido a que su dispersión es pequeña.

El método de simulación utilizado ha sido validado mediante la comparación directa de los resultados obtenidos en el proceso de simulación con los niveles registrados en el trabajo de campo en donde las diferencias entre ellos no superan la tolerancia establecida de 3 dBA (por ser medidas ambientales de ruido por tráfico rodado). En la figura 9 vemos que el factor de correlación r entre niveles simulados y experimentales es 0.86 (próximo a la unidad) que teniendo en cuenta la incertidumbre que conlleva el realizar medidas de campo es un indicador de validez del método.

De la tabla 8 presentada en el capítulo de resultados del presente trabajo, se puede concluir que *Predictor* es un software adecuado para simular niveles de ruido en entornos urbanos, ya que es ajustable a un entorno real consiguiendo que las diferencias entre los niveles experimentales y los simulados no superen los 3 dBA.

El apartado VI.1.2 del presente trabajo nos informa que un 93.1% del área estudiada, soporta ruido generado por tráfico rodado que supera los 65 dBA (valor medio durante 24 horas) y que solo el 7% de la población sufre niveles de ruido inferiores a los 65 dBA.

En los mapas de niveles sonoros de la ciudad de Sueca incluidos en el apartado VI.2 del presente trabajo vemos como el sector de la carretera nacional N-332 comprendido entre la intersección de ésta con la *Avinguda de la Vila i Honor de Corbera* y la intersección con el *Carrer de la Mare de Deu* en la que se encuentran ubicadas entidades como los Juzgados y el Colegio Público Cervantes, soportan niveles de ruido que superan los 75 dBA por lo que la toma de medidas correctoras que disminuyan estos niveles de ruido son perentorios.

En cuanto a lo que catalogamos como zonas sensibles (de uso docente y sanitario), todas superan los niveles estipulados por la normativa vigente en todas las franjas horarias (ver tablas 14 y 15) aunque en centros como el *Asilo de Ancianos* y el *Ambulatorio de Sueca* los niveles exceden la legislación vigente en valores próximos a los 3 dBA en el periodo día, que tomando medidas correctoras se pueden reducir.

Hemos visto igualmente que la iniciativa del Ayuntamiento de la ciudad de Sueca de peatonalizar su casco antiguo, reduciría los niveles actuales de ruido generado por el tráfico rodado en la zona (de 68,5 a 63,9 dBA), con los beneficios que ello conlleva. En la *tabla 16* del presente estudio vemos como el hecho de peatonalizar las calles del casco antiguo reducen una media de 3 dBA los niveles de ruido generado por actual flujo de tráfico rodado que circula por ellas. Sin embargo, esto se lograría mediante la desviación del tráfico a las calles aledañas lo que en realidad trasladaría el problema a la zona colindante en la que aumentaría dicho tráfico y por consiguiente los niveles de ruido generado por este que como se muestra en los mapas de niveles de ruido del punto VI.2. del presente trabajo superarían los 65 dBA.

Es necesaria una actualización de la normativa vigente en la Comunidad Valenciana adaptándose al marco de la ley nacional y sus reglamentos [5, 6 7 y 8] que sea menos restrictiva, cumplible por parte de los organismos de control, acorde con los avances tecnológicos actuales y el ritmo de crecimiento tanto poblacional como de infraestructura de las ciudades actuales, sin perder el objetivo principal de reducir los niveles de ruido a los que nos vemos sometidos en nuestra cotidianidad.

Por otra parte, no se cuenta aún con una metodología normalizada que permita calcular e incluir tanto en la evaluación como en la gestión del ruido ambiental, factores como el ruido vecinal y de ocio en los mapas estratégicos de ruido para contar con una mejor aproximación a las situaciones reales.

PROPUESTA DE FUTUROS ESTUDIOS

Todos los resultados de los MER pueden ser más precisos, mejorando la calidad y el detalle de la información con la que se obtienen. Los siguientes son futuros estudios posibles que aportarán un mayor y mejor conocimiento del estado real de los niveles de ruido a los que se expone la población de Sueca.

En base a los resultados del presente estudio se considera necesaria la elaboración de un MER más detallado de la ciudad de Sueca, que incluya la mayor cantidad de vías posible, un mayor número de puntos de medida, datos catastrales y de población actualizados y mediciones de larga duración.

Teniendo identificados los sectores más críticos en lo que a contaminación acústica se refiere como la carretera nacional N-332, zona de Juzgado y Guardia Civil y con los recursos tecnológicos actuales, se puede llevar a cabo una monitorización en tiempo real de los niveles de ruido con el fin de tener detalle del comportamiento y las causas de dichos niveles, lo que aportaría información importante en la toma de decisiones encaminadas al control y disminución de la contaminación acústica. Este es un estudio viable, aunque económicamente costoso.

La Ciudad de Sueca es una ciudad de litoral, esto implica variaciones de población según la época del año por ejemplo el aumento de población en periodo estival con las consecuencias que ello conlleva en los niveles de ruido (aglomeraciones, aumento de necesidades de transporte, etc.) por esto un futuro estudio debe basarse en una diagnosis de larga duración que detalle las variaciones de niveles, los pueda asociar a una casuística y aporte medidas de acuerdo con la misma.

Sin duda la percepción del ruido por parte de las personas es un punto importante en la búsqueda de soluciones, por lo tanto, es preciso incluir en los estudios opiniones y demás información subjetiva recabadas a partir de por ejemplo encuestas a la población afectada por el ruido.

REFERENCIAS

- [1] Demian H. Environmental noise and sleep disturbances: A threat to health? *Sleep Science* 2014; 7;209-212
- [2] World Health Organization (WHO) (2011). Burden of disease from environmental noise. Quantification of healthy life years lost in Europe. WHO Regional Office for Europe, Denmark.
- [3] THE UNIVERSITY OF PITTSBURGH. *Archive of European Integration (AEI)*The Green Paper on Future Noise Policy. COM (96), 540 final ,04 November 1996. < <http://aei.pitt.edu/1204/> > [Consulta:12 de febrero de 2018]
- [4] DIRECTIVA 2002/49/EC del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de junio de 2002 sobre evaluación y gestión del ruido ambiental. Diario Oficial de las Comunidades Europeas, 2002.
- [5] BOE, 276. *Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido*. España, 2003.
- [6] BOE, 301. *Real Decreto 1513/2005, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental*. España, 2005.
- [7] BOE, 254. *Real Decreto 1367/2007, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas*. España, 2007.
- [8] BOE, 178. *Real Decreto 1038/2012, por el que se modifica el Real Decreto 1367/2007, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas*. España, 2012.
- [9] DOGV. *Ley 7/2002, de 3 de diciembre, de protección contra la contaminación acústica*. Valencia, 2002.
- [10] DOGV, 5166 *LEY 14/2005, de 23 de diciembre, de la Generalitat, de Medidas Fiscales, de Gestión Financiera y Administrativa, y de Organización de la Generalitat*. España 2005.
- [11] DOGV, 4901 *Real Decreto 266/2004, de 3 de diciembre, del Consell de la Generalitat, por el que se establecen normas de prevención y corrección de la contaminación acústica en relación con actividades, instalaciones, edificaciones, obras y servicios*. España 2004.
- [12] DOGV, 5305 *Real Decreto 104/2006, de 14 de julio, del Consell, de planificación y gestión en materia de contaminación acústica*. España 2006.
- [13] INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA. *Cifras oficiales de población resultantes de la revisión del Padrón municipal a 1 de enero*. <<http://www.ine.es/jaxiT3/Datos.htm?t=2903>> [Consulta: 28 de enero de 2018].
- [14] ISO 1996-2:2007(E) (2007) “Description, measurement and assessment of environmental noise. Part 2: Determination of environmental noise levels” (International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland).
- [15] GUM (1995) “Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement. 2nd ed. (International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland).
- [16] NATIVIDAD MAGRANER, I. (2013) *Estudi de la contaminació acústica en la població de Sollana*. Projecte final de grau. Gandia: Escola Politècnica Superior de Gandia..
- [17] European Commission-WG2-Dose/Effect. (2002) Position paper on dose response relationships between transportation noise and annoyance. EU’s Future Noise Policy, WG2-Dose/Effect. Luxembourg. European Communities (20 February 2002).
- [18] UNE-ISO 1996-1:2005(E) (2005) “Description, measurement and assessment of environmental noise. Part 1: Basis quantities and assessment procedures” (International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland).