



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Politécnica Superior de Gandia

Estudio acústico de la propuesta de realización de una
circunvalación para reducir el tráfico de la CV-50 en
Tavernes de la Valldigna.

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería de Sistemas de Telecomunicación, Sonido e
Imagen

AUTOR/A: Garrido Cano, Irene

Tutor/a: Alba Fernández, Jesús

Cotutor/a externo: RODRIGUEZ VERCHER, JUAN CARLOS

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023

RESUMEN

Actualmente, el tráfico que circula por la carretera CV-50 atraviesa la población de Tavernes de la Valldigna. Debido a la propuesta de un proyecto alternativo donde se plantea la construcción de una circunvalación por fuera de la población para intentar reducir el tráfico, se ha realizado el estudio de impacto acústico de la situación actual y una simulación de la situación una vez acabada la construcción.

Para llevar a cabo este estudio, se realizaron las pertinentes medidas de campo con el objetivo de conocer los niveles de presión sonora actuales y, posteriormente, se llevó a cabo una simulación de la situación una vez concluidas las obras, estimando diferentes caudales de tráfico.

Como resultado de esta simulación, se observó que, aunque los niveles de presión sonora disminuían considerablemente, seguía sin ser suficiente como para cumplir con los niveles permitidos. Por tanto, se propuso una solución adicional a la anterior, prohibiendo el paso a vehículos pesados por dentro de la población.

PALABRAS CLAVE

Acústica ambiental, tráfico rodado, contaminación acústica, mapa de ruido, carretera CV-50.

ABSTRACT

At present, traffic on the CV-50 passes through the town of Tavernes de la Valldigna. Due to the proposal of an alternative project, which includes the construction of a bypass outside the town to try to reduce traffic, an acoustic impact study of the current situation and a simulation of the situation once the construction is completed were carried out.

To carry out this study, the pertinent field measurements were carried out to determine the current sound pressure levels and, subsequently, a simulation of the situation once the works are completed was carried out, estimating different traffic flow rates.

As a result of this simulation, it was observed that, although the sound pressure levels decreased considerably, it was still not enough to comply with the permitted levels. Therefore, an additional solution to the previous one was proposed, prohibiting the passage of heavy vehicles through the town.

KEY WORDS

Environmental acoustics, road traffic, noise pollution, noise map, CV-50 road.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	5
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. FUENTES DE RUIDO	7
2.1.1. NATURALES	7
2.1.2. ANTROPOGÉNICAS	7
2.2. MAGNITUDES ACÚSTICAS EN EL CAMPO DE LA ACÚSTICA AMBIENTAL	9
2.2.1. PONDERACIONES FRECUENCIALES.....	9
2.2.2. ÍNDICES DE RUIDO	10
CAPÍTULO 3. MARCO NORMATIVO	11
3.1. MARCO NORMATIVO EUROPEO	11
3.2. MARCO NORMATIVO ESTATAL	11
3.3. MARCO NORMATIVO AUTONÓMICO.....	12
3.4. MARCO NORMATIVO MUNICIPAL.....	13
CAPÍTULO 4. MÉTODO CNOSSOS-EU	14
4.1. EVALUACIÓN DEL TRÁFICO RODADO	14
4.1.1. PERIODOS DE EVALUACIÓN	14
4.1.2. CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS.....	14
4.1.3. PAVIMENTO.....	15
4.1.4. INTERSECCIONES	15
CAPÍTULO 5. CASO DE ESTUDIO	16
5.1. PROPUESTA DEL PROYECTO	16
5.2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA	17
5.2.1. INTERSECCIONES	17
5.2.2. EJES VIARIOS.....	18
6. MEDIDAS DE CAMPO.....	19
6.1. INSTRUMENTACIÓN	19
6.2. PUNTOS DE MEDIDA	20
6.3. PROCEDIMIENTO DE REALIZACIÓN DE LAS MEDIDAS.....	20
6.3.1. CONDICIONES METEOROLÓGICAS	21
6.3.2. CAUDAL DE VEHÍCULOS.....	22
6.4. RESULTADOS	24
CAPÍTULO 7. MODELOS DE SIMULACIÓN.....	26
7.1. MODELO PREOPERACIONAL	26
7.1.1. VALIDACIÓN DEL MODELO	27
7.1.2. MAPAS DE RUIDO	28
7.2. MODELO POSTOPERACIONAL	32

7.2.1.	DISMINUCIÓN DEL CAUDAL DE TRÁFICO	32
7.2.2.	RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN	34
7.2.3.	CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA.....	38
CAPÍTULO 8. PROPUESTA DE MEJORA		40
8.1.	NUEVA MEDIDA PROPUESTA	40
8.1.1.	RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN	40
8.2.	CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA.....	44
CAPÍTULO 9. CONCLUSIONES		46
BIBLIOGRAFÍA.....		47
ANEXOS		49

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.	Situación actual vs situación futura.....	5
Ilustración 2.	Gráfica de la evolución nacional del parque automovilístico [7].	8
Ilustración 3.	Curvas de ponderación frecuencial A, B, C y D [9].	9
Ilustración 4.	Plano de la variante de la carretera CV-50 [3].	16
Ilustración 5.	Identificación de las intersecciones en la zona de estudio.	17
Ilustración 6.	Ejes viarios considerados para la realización del estudio.	18
Ilustración 7.	Anemómetro midiendo la temperatura y la velocidad del viento.	19
Ilustración 8.	Ubicación de los puntos de medida.	20
Ilustración 9.	Punto 4 en el periodo de mañana.....	21
Ilustración 10.	Punto 3 en el periodo de noche.	21
Ilustración 11.	Representación gráfica de los resultados expuestos.	25
Ilustración 12.	Caracterización del modelo preoperacional.	27
Ilustración 13.	Mapa de ruido del modelo preoperacional durante el periodo diurno.....	29
Ilustración 14.	Mapa de ruido del modelo preoperacional durante el periodo vespertino.	30
Ilustración 15.	Mapa de ruido del modelo preoperacional durante el periodo nocturno.	31
Ilustración 16.	Mapa de ruido del modelo postoperacional durante el periodo diurno.	35
Ilustración 17.	Mapa de ruido del modelo postoperacional durante el periodo vespertino.	36
Ilustración 18.	Mapa de ruido del modelo postoperacional durante el periodo nocturno.....	37
Ilustración 19.	Mapa de ruido del modelo postoperacional 2 en el periodo diurno.	41
Ilustración 20.	Mapa de ruido del modelo postoperacional 2 en el periodo vespertino.	42
Ilustración 21.	Mapa de ruido del modelo postoperacional 2 en el periodo nocturno.....	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Periodos de evaluación acústica definidos en el Real Decreto 1367/2007 [13].	11
Tabla 2.	Objetivos de calidad acústica aplicables a áreas urbanizadas definidos en el Real Decreto 1038/2012 [14]......	12
Tabla 3.	Periodos de evaluación acústica definidos en la Ley 7/2002 de la Comunidad Valenciana [15].....	12

Tabla 4. Objetivos de calidad acústica externos establecidos en la Ley 7/2002 [15].	13
Tabla 5. Clasificación de vehículos según el método CNOSSOS-EU [20].	14
Tabla 6. Tipos de pavimento según el método CNOSSOS-EU [20].	15
Tabla 7. Condiciones meteorológicas de los 3 días de medidas en los diferentes periodos de evaluación.	22
Tabla 8. Caudal de tráfico del modelo preoperacional calculado para una hora durante el periodo de mañana.	22
Tabla 9. Caudal de tráfico del modelo preoperacional calculado para una hora durante el periodo de tarde.	23
Tabla 10. Caudal de tráfico del modelo preoperacional calculado para una hora durante el periodo de noche.	23
Tabla 11. Presentación de los resultados y comparativa con la legislación actual en el periodo diurno.	24
Tabla 12. Presentación de los resultados y comparativa con la legislación actual en el periodo vespertino.	24
Tabla 13. Presentación de los resultados y comparativa con la legislación actual en el periodo nocturno.	25
Tabla 14. Diferencia entre los niveles experimentales y los simulados.	28
Tabla 15. Diferencia entre los niveles experimentales y los simulados.	28
Tabla 16. Diferencia entre los niveles experimentales y los simulados.	28
Tabla 17. Caudal de tráfico del modelo postoperacional calculado para una hora durante el periodo de mañana.	33
Tabla 18. Caudal de tráfico del modelo postoperacional calculado para una hora durante el periodo de tarde.	33
Tabla 19. Caudal de tráfico del modelo postoperacional calculado para una hora durante el periodo de noche.	33
Tabla 20. Resultados obtenidos en el cálculo del modelo postoperacional.	34
Tabla 21. Comparativa entre los niveles calculados en el modelo postoperacional y la normativa actual durante el periodo diurno.	38
Tabla 22. Comparativa entre los niveles calculados en el modelo postoperacional y la normativa actual durante el periodo vespertino.	39
Tabla 23. Comparativa entre los niveles calculados en el modelo postoperacional y la normativa actual durante el periodo nocturno.	39
Tabla 24. Resultados obtenidos en el cálculo del segundo modelo postoperacional.	40
Tabla 25. Comparativa entre los niveles calculados en el modelo postoperacional 2 y la normativa actual durante el periodo diurno.	44
Tabla 26. Comparativa entre los niveles calculados en el modelo postoperacional 2 y la normativa actual durante el periodo vespertino.	44
Tabla 27. Comparativa entre los niveles calculados en el modelo postoperacional 2 y la normativa actual durante el periodo nocturno.	45

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

Atendiendo a la definición de la comisión europea, el término “ruido” hace referencia a cualquier sonido no deseado y molesto, especialmente cuando la persona afectada no está escuchando intencionadamente dicho sonido [1].

Por otro lado, el concepto de “ruido ambiental” se utiliza para sonidos exteriores no deseados y generados por la actividad humana, como, por ejemplo, el ruido proveniente de los medios de transporte: tráfico rodado, tráfico ferroviario, tráfico aéreo... [1]

Diversos estudios han demostrado que la contaminación acústica tiene efectos perjudiciales en la salud de las personas, pudiendo causar problemas tanto físicos como psicológicos. Un claro ejemplo es la pérdida de audición. Otros efectos que puede causar la sobreexposición al ruido son los trastornos de sueño, provocar alteraciones en la producción de hormonas, causando el aumento del nivel de estrés, problemas cardiovasculares y efectos en la concentración y el rendimiento, entre otros. En general, la contaminación acústica provoca una disminución de la calidad de vida, además de problemas serios en la salud de las personas afectadas [2].

En el presente documento, se ha desarrollado el estudio de impacto acústico del *Proyecto Básico de la Variante de la carretera CV-50 en Tavernes de la Vallidigna y conexión con la N-332* [3]. En este proyecto, se propone la construcción de una carretera circundando la población de Tavernes de la Vallidigna, para así liberar el paso de vehículos a través de dicha población. En la siguiente ilustración se muestra una comparación de la situación actual y la futura, una vez esté construida la circunvalación.



Ilustración 1. Situación actual vs situación futura

Este trabajo tiene como objetivos principales: (i) determinar la situación actual en cuanto a niveles de ruido y tráfico de la CV-50 en Tavernes de la Vallidigna, (ii) comprobar la conformidad con la normativa de ruido vigente, (iii) realizar una predicción acústica del impacto que tendrá la circunvalación sobre la carretera existente utilizando simulaciones de modelos previamente calibrados, (iv) analizar los resultados obtenidos considerando la normativa actual de ruido, y (v) evaluar las posibles mejoras acústicas una vez ejecutado el proyecto.

Se ha estructurado el trabajo en los siguientes capítulos:

- **Capítulo 1. Introducción.** En este capítulo, se lleva a cabo una introducción al tema a tratar, los objetivos principales y cómo se va a organizar la memoria.

- *Capítulo 2. Marco teórico.* En este capítulo, se efectúa una introducción teórica sobre las principales fuentes de ruido y las magnitudes significativas en la acústica ambiental.
- *Capítulo 3. Marco normativo.* En este capítulo, se realiza una descripción de la legislación actual referente al ruido, desde la normativa europea, hasta la normativa municipal de Tavernes, pasando por las normativas nacional y autonómica.
- *Capítulo 4. Método CNOSSOS-EU¹.* En este capítulo, se explican de forma detallada los aspectos esenciales a tener en cuenta de este método, ya que es el utilizado para realizar las mediciones.
- *Capítulo 5. Caso de estudio.* En este capítulo, se describe de forma detallada la zona donde se va llevar a cabo el proyecto.
- *Capítulo 6. Medidas de campo:* En este capítulo, se describe el proceso para la toma de las medidas, incluyendo los resultados obtenidos en estas.
- *Capítulo 7. Modelos de simulación:* En este capítulo, se muestran los dos modelos diseñados con el software *Predictor*. El preoperacional, donde se muestra la situación actual, y el postoperacional, donde se muestra la situación una vez construida la circunvalación. También se comprueba el cumplimiento de la normativa actual.
- *Capítulo 8. Propuesta de mejora:* En este capítulo, se realiza una propuesta para conseguir reducir el nivel de ruido en mayor medida, incluyendo la simulación y los resultados pertinentes.
- *Capítulo 9. Conclusiones:* En este capítulo, se desarrollan una serie de conclusiones extraídas al finalizar el trabajo.

Por último, se ha añadido un anexo con los resultados de las mediciones al detalle, condiciones ambientales y caudal de vehículos.

¹ Common Noise Assessment Methods in Europe

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

Se pueden identificar diversos factores que contribuyen al deterioro del medio ambiente. Uno de estos factores es la contaminación acústica. La contaminación acústica es un factor al que prácticamente no se le ha prestado atención en los últimos tiempos debido a que su impacto no es inmediato. Normalmente, los niveles de ruido a los que las personas están expuestas no alcanzan valores lo suficientemente elevados como para causar daños graves inmediatos en su salud, salvo en situaciones excepcionales [4].

En este capítulo, se va a realizar una pequeña introducción teórica sobre las principales fuentes de ruido, así como, las magnitudes acústicas más significativas en el campo de la acústica ambiental.

2.1. FUENTES DE RUIDO

Es esencial conocer las principales fuentes de ruido para poder intervenir en la reducción de la contaminación acústica. Estas fuentes se pueden dividir en dos categorías principales: naturales y antropogénicas.

2.1.1. NATURALES

Las fuentes de ruido naturales son aquellas que tienen origen en la naturaleza y no están relacionadas con las actividades del ser humano. Algunos ejemplos de estas fuentes son [5]:

- **Fenómenos climáticos.** Como la lluvia, el viento, los truenos, etc.
- **Actividades geológicas.** Como las erupciones volcánicas o los terremotos.
- **Sonidos producidos por la fauna.** Como el pío de los pájaros, el zumbido de las abejas, etc.

Es importante destacar que, por sí solos, estos ruidos tienen una probabilidad muy baja de afectar de manera negativa en la salud de las personas.

2.1.2. ANTROPOGÉNICAS

Las fuentes de ruido antropogénicas son aquellas que tienen origen en las actividades humanas. Algunos ejemplos de estas fuentes son [6]:

- **Tráfico.** Esta categoría incluye el tráfico rodado (vehículos), tráfico ferroviario (trenes) y tráfico aéreo (aviones).
- **Industria.** Ruidos producidos por las diferentes industrias: metalúrgicas, textiles, etc.
- **Construcción y obras.** Típicamente producidos por maquinaria como excavadoras, martillos neumáticos, etc.
- **Actividades domésticas.** Como electrodomésticos, dispositivos electrónicos personales, etc.
- **Actividades de ocio.** Como conciertos, bares, discotecas, etc.

De entre todas las fuentes nombradas, el tráfico rodado es una de las que tiene mayor relevancia y, además, es la fuente de ruido principal en el proyecto que se ha desarrollado. Por esta razón, se va a analizar más detalladamente esta fuente de ruido.

2.1.2.1. TRÁFICO RODADO

Como ya se ha comentado anteriormente, el tráfico rodado es la fuente de ruido principal en la actualidad; de hecho, hay estudios que afirman que el 80% de la contaminación acústica producida en las ciudades procede de esta fuente [6].

Para comprender la magnitud del problema, únicamente hay que observar cómo ha evolucionado el tráfico rodado en las ciudades. Hasta hace unos años, la persona que utilizaba el coche de manera asidua era el cabeza de familia para desplazarse al trabajo. Sin embargo, en la actualidad, su uso se ha convertido en una necesidad cotidiana para toda la familia. Por tanto, el problema no radica únicamente en el aumento de la cantidad de coches, sino también en la mayor movilidad [6].

En la ilustración 1, se puede observar una gráfica con la evolución del parque automovilístico en España de los últimos años, donde se incluye el total de vehículos (turismos, camiones, furgonetas, autobuses, etc.) exceptuando maquinaria agrícola automotriz y maquinaria agrícola arrastrada de 1 y 2 ejes [7].

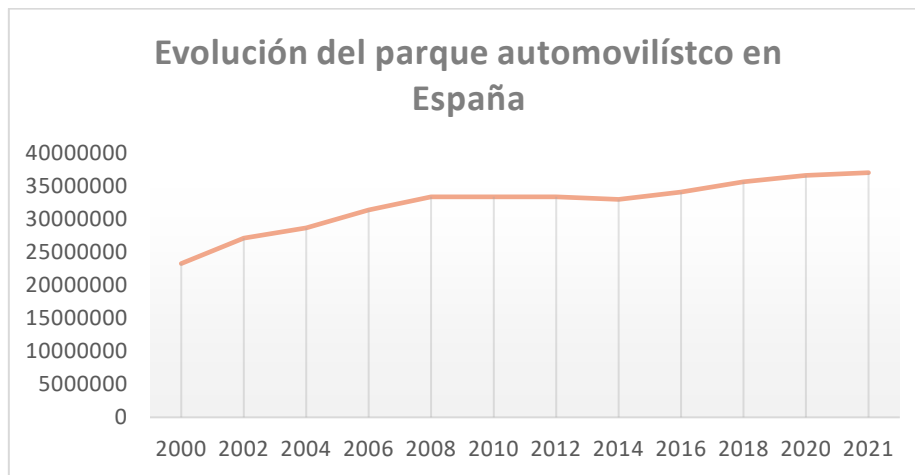


Ilustración 2. Gráfica de la evolución nacional del parque automovilístico [7].

Observando la gráfica anterior, se puede concluir que este problema no se corrige si no que va en aumento.

Los niveles de ruido producidos por el tráfico varían en función de diversos factores como el tipo de vehículo o la carga transportada. Sin embargo, el más significativo es la intensidad del tráfico. En un automóvil estándar, el ruido se origina de diferentes maneras, como el rozamiento de los neumáticos sobre el pavimento, las vibraciones de la carrocería, los frenos, las explosiones del motor, etc.

Aunque los vehículos hoy en día parecen más silenciosos, en general, no ha habido mejoras importantes en este aspecto, ya que los fabricantes se han centrado en la reducción del

consumo del combustible y la contaminación atmosférica. Se espera que en los próximos años se produzcan avances importantes en este sector, como el desarrollo de nuevas tecnologías o la incorporación de un mayor número de vehículos eléctricos [4].

2.2. MAGNITUDES ACÚSTICAS EN EL CAMPO DE LA ACÚSTICA AMBIENTAL

En este apartado, se van a mostrar las magnitudes más significativas en el campo de la acústica ambiental. Estas magnitudes permiten evaluar los niveles de ruido en diferentes contextos. Mediante el análisis de estas magnitudes, se puede evaluar el impacto del ruido en la población y el medio ambiente, y así poder diseñar las estrategias necesarias para reducir la contaminación acústica.

2.2.1. PONDERACIONES FRECUENCIALES

Con la finalidad de que los medidores acústicos, como por ejemplo los sonómetros, se aproximen a la respuesta en frecuencia del oído humano, se utilizan una serie de ponderaciones frecuenciales. De esta manera, se asegura que los datos medidos se asemejen a lo que realmente está oyendo el oído humano.

Dependiendo de la variación de nivel de presión acústica (SPL) a lo largo del espectro de frecuencias, se utilizará una ponderación frecuencial u otra [8]:

- **A.** Atenúa en mayor medida las frecuencias bajas y en menor medida las altas.
- **B.** Se utiliza para niveles intermedios y es similar a la A, exceptuando que la reducción de bajos es mucho menor.
- **C.** Es similar a la B en las frecuencias altas y apenas atenúa las frecuencias graves.
- **D.** Se utiliza para la medición de ruido aeronáutico.

En la siguiente ilustración, están representadas las diferentes curvas de ponderación frecuencial dependiendo de la frecuencia y la respuesta relativa en decibelios (dB).

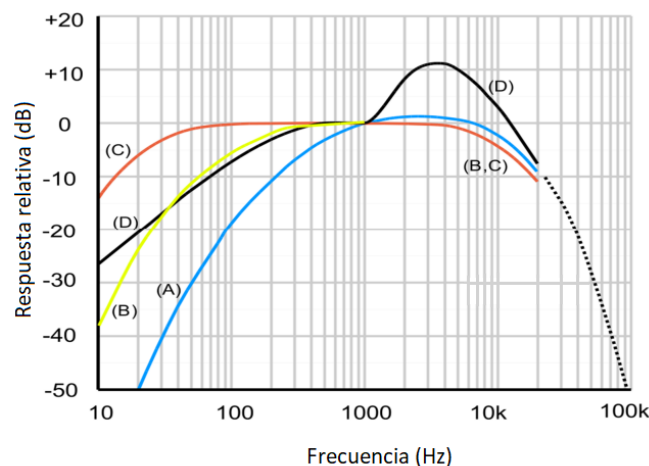


Ilustración 3. Curvas de ponderación frecuencial A, B, C y D [9].

La curva de ponderación que se utiliza para la representación del tráfico rodado es la A, por tanto, los niveles de presión sonora se miden en dBA.

2.2.2. ÍNDICES DE RUIDO

Para evaluar los niveles de ruido presentes en un entorno determinado, se utilizan los índices de evaluación de ruido. Estos índices proporcionan la información necesaria para determinar si el nivel de ruido entra dentro de los límites aceptables o, por el contrario, puede representar un riesgo para la salud. Los índices de ruido esenciales son los siguientes:

- **Nivel de presión sonora, SPL** [9]. Se utiliza para medir la variación de la presión acústica en un punto determinado.

$$SPL = 20 \log_{10} \left(\frac{P_A}{P_{ref}} \right) [\text{dB}]$$

Donde:

P_A es la presión acústica en pascales (Pa).

P_{ref} es la presión de referencia, 20μPa.

- **Nivel de presión sonora continua equivalente, $L_{Aeq, T}$** [10]. En la norma UNE-ISO 1996-1:2020, se define como el nivel de presión en ponderación A de un sonido estable en un intervalo de tiempo T, el cual posee la misma presión cuadrática media que el sonido que se mide.

$$L_{Aeq, T} = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{T} \int_0^T \frac{P_A^2(t)}{P_0^2} dt \right) [\text{dBA}]$$

Donde:

T es el tiempo de medida.

P_A es la presión acústica en pascales (Pa).

P_{ref} es la presión de referencia, 20μPa.

- **Nivel sonoro equivalente día, tarde y noche, L_{den}** [10]. Es el promedio del nivel de presión sonora ponderado en A en los diferentes periodos de evaluación (Día: 07:00-19:00 | Tarde: 19:00-23:00 | Noche: 23:00-07:00).

$$L_{den} = 10 \log_{10} \frac{1}{24} \left(12 * 10^{\frac{L_d}{10}} + 4 * 10^{\frac{L_e+5}{10}} + 8 * 10^{\frac{L_n+10}{10}} \right) [\text{dBA}]$$

Donde:

L_d es nivel de presión sonora en dBA medido durante el periodo de día.

L_e es nivel de presión sonora en dBA medido durante el periodo de tarde.

L_n es nivel de presión sonora en dBA medido durante el periodo de noche

CAPÍTULO 3. MARCO NORMATIVO

Como ya se ha comentado con anterioridad, el ruido tiene un impacto negativo en la calidad de vida de las personas. Por este motivo, se ha visto la necesidad de desarrollar una legislación a diferentes niveles, europeo, estatal, autonómico y municipal, con el principal objetivo de conseguir regular y controlar el ruido.

3.1. MARCO NORMATIVO EUROPEO

A nivel europeo, existen varias directivas relacionadas con el ruido. A continuación, se nombran algunas de las más importantes.

- **Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental** [11]. Establece un marco para evaluar y gestionar el ruido ambiental en los países de la Unión Europea con la finalidad de prevenir y reducir los efectos perjudiciales en la salud de las personas.
- **Directiva (UE) 2015/996 de la Comisión, de 19 de mayo de 2015, por la que se establecen métodos comunes de evaluación del ruido en virtud de la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo** [12]. Tiene como objetivo principal establecer métodos que garanticen la uniformidad en lo referente a medición y evaluación del ruido en toda la Unión Europea. Estos métodos incluyen el uso del método CNOSSOS-EU, que se explicará en el siguiente capítulo.

3.2. MARCO NORMATIVO ESTATAL

En España, el control y la regulación se lleva a cabo a través de varias leyes y reales decretos. A continuación, se mencionan algunas de las leyes más relevantes en el ámbito estatal relacionadas con el ruido:

- **Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido** [13]. Establece las bases para preservar el medioambiente frente a la contaminación acústica. En esta ley se regulan los límites de emisión y exposición al ruido, además de los procedimientos de evaluación y control del mismo.
- **Real Decreto 1367/2007 de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas** [14]. Establece los niveles de emisión admisibles dependiendo del tipo de área (residencial, sanitaria, docente...). También define los objetivos de calidad acústica para cada área y regula las emisiones acústicas permitidas en los diferentes sectores. Los periodos de evaluación acústica que establece son los que se muestran en la tabla 1.

Periodo	Índice de ruido	Franja horaria
Día	L_d	7:00 a 19:00
Tarde	L_e	19:00 a 23:00
Noche	L_n	23:00 a 7:00

Tabla 1. Periodos de evaluación acústica definidos en el Real Decreto 1367/2007 [14].

- **Real Decreto 1038/2012, de 6 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas** [15]. Modifica la tabla de los objetivos de calidad acústica aplicables a áreas urbanizadas existentes, siendo la tabla 2 la definitiva:

Tipo de área acústica		Índices de ruido		
		L _d	L _e	L _n
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 de suelo de uso residencial.	65	65	55
d	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso terciario distinto del contemplado en c).	70	70	65
c	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso recreativo y de espectáculos.	73	73	63
b	Sectores del territorio con predominio de 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. (1)	(2)	(2)	(2)

Tabla 2. Objetivos de calidad acústica aplicables a áreas urbanizadas definidos en el Real Decreto 1038/2012 [15].

- (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.” [15]
 - (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.” [15]
- **Orden PCI/1319/2018, de 7 de diciembre, por la que se modifica el Anexo II del Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido, en lo referente a la evaluación del ruido ambiental** [16]. Incorpora la utilización del método CNOSSOS-EU.

3.3. MARCO NORMATIVO AUTONÓMICO

Una vez expuesta tanto la normativa europea como la estatal, se tratará la normativa autonómica. En este caso, dado que el estudio se lleva a cabo en la Comunidad Valenciana, se presentará la legislación sobre la contaminación acústica de esta comunidad autónoma.

- **Ley 7/2002, de 3 de diciembre, de protección contra la contaminación acústica** [17]. Esta ley se desarrolla en los decretos nombrados a continuación. Establece las medidas de prevención y control de la contaminación acústica en la Comunidad Valenciana. Los periodos de evaluación acústica que establece son los mostrados en la tabla 3.

Periodo	Franja horaria
Día	8:00 a 22:00
Noche	22:00 a 8:00

Tabla 3. Periodos de evaluación acústica definidos en la Ley 7/2002 de la Comunidad Valenciana [17].

También dictamina los límites de ruido permitidos para las diferentes áreas dependiendo del momento del día. En la tabla 4, se pueden ver los objetivos de calidad acústica externos:

Uso dominante	Nivel sonoro dB(A)	
	Día	Noche
Sanitario y docente	45	35
Residencial	55	45
Terciario	65	55
Industrial	70	60

Tabla 4. Objetivos de calidad acústica externos establecidos en la Ley 7/2002 [17].

- **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, modificada por el decreto 106/2004** [18]. Establece las medidas de control y reducción del ruido, además de regular los niveles de emisión permitidos en los diferentes sectores y horarios. También se centra en las condiciones de aislamiento acústico que deben cumplir los diferentes locales.
- **Decreto 19/2004, de 13 de febrero, del Consell de la Generalitat, por el que se establecen normas para el control del ruido producido por los vehículos a motor** [19]. Tiene como objetivo principal establecer los niveles máximos de emisión acústica para los vehículos a motor.
- **Decreto 43/2008, de 11 de abril, del Consell, por el que se modifica el Decreto 19/2004, de 13 de febrero, del Consell, por el que se establecen normas para el control del ruido producido por los vehículos a motor, y el Decreto 104/2006, de 14 de julio, del Consell, de planificación y gestión en materia de contaminación acústica** [20]. Tiene como objetivo principal actualizar y completar las normas establecidas en el anterior decreto para así mejorar el control y la gestión del ruido ambiental producido por los vehículos a motor.

3.4. MARCO NORMATIVO MUNICIPAL

Por último, se define la ordenanza municipal de Tavernes de la Vallidigna sobre la contaminación acústica.

- **Ordenanza municipal sobre prevención de la contaminación acústica (protección de ruidos y vibraciones)** [21]. Establece las condiciones acústicas que los edificios y locales deben cumplir, además de los parámetros de control de emisión de ruidos de los vehículos y actividades en la vía pública.

Esta ordenanza no modifica los niveles sonoros permitidos que se establecen en la legislación autonómica.

CAPÍTULO 4. MÉTODO CNOSSOS-EU

El método CNOSSOS-EU (Common Noise Assessment Methods in Europe) o Métodos Comunes de Evaluación del Ruido en Europa, es un conjunto de métodos que han sido desarrollados por la Comisión Europea con la finalidad de proporcionar una metodología común para evaluar el ruido en los diferentes países europeos. Es decir, proporciona las herramientas necesarias para conseguir una definición más precisa y homogénea de la situación acústica actual [22].

4.1. EVALUACIÓN DEL TRÁFICO RODADO

Puesto que el método CNOSSOS-EU ha sido el utilizado en el actual proyecto, se van a explicar con más detalle los aspectos más importantes a tener en cuenta para la evaluación del tráfico rodado.

4.1.1. PERIODOS DE EVALUACIÓN

El método establece los mismos periodos de evaluación que los definidos en el Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre [22], es decir, los expuestos en la tabla 1.

Por tanto, el periodo diurno abarca 12 horas, el vespertino tiene una duración de 4 horas y el nocturno de 8 horas.

4.1.2. CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS

Para determinar el nivel de ruido procedente de la fuente del tráfico rodado, hay que considerar la combinación de las emisiones de todos los vehículos del flujo de tráfico.

El método CNOSSOS-EU, establece 5 categorías diferentes para la clasificación de los vehículos. Esta clasificación es la que se muestra en la tabla 5.

Categoría	Nombre	Subcategoría	Descripción
1	Vehículos ligeros	-	Turismos, camionetas $\leq 3,5$ toneladas, todoterrenos, vehículos polivalentes, incluidos remolques y caravanas.
2	Vehículos pesados medianos	-	Vehículos medianos, camionetas $> 3,5$ toneladas, autobuses, autocaravanas, entre otros, con dos ejes y dos neumáticos en el eje trasero.
3	Vehículos pesados medianos	-	Vehículos pesados, turismos, autobuses, con tres o más ejes.
4	Vehículos de dos ruedas	4a	Ciclomotores de dos, tres y cuatro ruedas.
		4b	Motocicletas con y sin sidecar, triciclos y cuatriciclos.
5 ¹	Categoría abierta	-	Su definición se atenderá a las futuras necesidades.

Tabla 5. Clasificación de vehículos según el método CNOSSOS-EU [22].

¹La quinta categoría es opcional, se establece para los vehículos nuevos fabricados en el futuro que presenten características lo suficientemente diferentes en términos de

emisión de ruido, y que difieran de las 4 categorías contempladas anteriormente. Esta categoría podría englobar los vehículos eléctricos o híbridos [22].

En este proyecto no se ha considerado la categoría 5.

4.1.3. PAVIMENTO

Otros aspectos importantes a la hora de definir los ejes viarios, son el tipo y estado del pavimento. El método CNOSSOS-EU establece los siguientes tipos:

Tipo de pavimento		Descripción del tipo
0	Superficie de referencia	Hormigón asfáltico 0/11 – 0/16, Mezcla bituminosa en caliente 0/11.
NL01	1-capa ZOAB	Asfalto poroso.
NL02	2-capas ZOAB	Asfalto poroso de doble capa.
NL03	2-capas ZOAB (fine)	Asfalto poroso de doble capa con capa superior fina.
NL04	SMA (Stone mastiek asphalt) -0/5	Mezcla bituminosa en caliente con árido de máximo 5 mm.
NL05	SMA (Stone mastiek asphalt) -0/8	Mezcla bituminosa en caliente con árido de máximo 8 mm.
NL06	Hormigón cepillado	Hormigón cepillado.
NL07	Hormigón cepillado optimizado	Hormigón cepillado optimizado.
NL08	Hormigón pulido	Hormigón pulido.
NL09	Superficie estabilizada	Superficie con un tratamiento extra en superficie.
NL10	Adoquines en espiga	Adoquines en espiga.
NL11	Adoquines no colocados en espiga	Adoquines no colocados en espiga.
NL12	Adoquines silenciosos	Adoquines silenciosos.
NL13	Capa delgada A	Asfalto de capa fina poco ruidoso Tipo A.
NL14	Capa delgada B	Asfalto de capa fina poco ruidoso Tipo B.

Tabla 6. Tipos de pavimento según el método CNOSSOS-EU [22].

Por tanto, según la clasificación del tipo de pavimento existente en el método CNOSSOS-EU, la categoría de asfalto más utilizado en España corresponde con la superficie de referencia, es decir, superficies de hormigón asfáltico con granulometría de 0 a 11 mm [22].

Este tipo de pavimento es el que se ha utilizado en el proyecto que se está desarrollando.

4.1.4. INTERSECCIONES

Según establece el método, antes y después de las intersecciones reguladas por semáforos y rotondas, se aplicará una corrección para el efecto de aceleración y de deceleración [22].

Para ello, habrá que identificar todas las rotondas y semáforos situados en la zona de estudio.

En el caso de este proyecto, en el capítulo 5 se identificarán las intersecciones que lo componen y en el capítulo 7 se explicará cómo se han implementado en el software de predicción.

CAPÍTULO 5. CASO DE ESTUDIO

Como se ha comentado con anterioridad, en el presente documento se va a desarrollar el estudio del impacto acústico del *Proyecto Básico de la Variante de la carretera CV-50 en Tavernes de la Vallidigna y conexión con la N-332*. Este proyecto plantea la nueva construcción de una carretera que circundará la población de Tavernes de la Vallidigna, con el fin de liberar el paso de vehículos a través de dicha población. El objetivo que se persigue con este estudio es evaluar la situación acústica actual de la carretera CV-50 y analizar cómo se vería afectada con la construcción de esta nueva circunvalación.

El primer paso a seguir es realizar una descripción detallada de la zona de estudio. En primer lugar, se va a exponer cuál ha sido la propuesta del proyecto mencionado. Seguidamente, se presentará la zona donde se ha realizado el estudio, identificando las intersecciones que la conforman (semáforos y rotondas), y definiendo los diferentes tramos viarios que se han considerado.

5.1. PROPUESTA DEL PROYECTO

A razón de los innumerables vehículos que pasan a través de la población de Tavernes de la Vallidigna, causando un aumento del riesgo de accidentes y contaminación tanto acústica como por emisiones de gases, el *Proyecto Básico de la Variante de la carretera CV-50 en Tavernes de la Vallidigna y conexión con la N-332*, propone la construcción de una circunvalación que rodeará esta población.

En la ilustración 3, se muestra un plano con la variante, donde se indican los diferentes tramos que la componen.



Ilustración 4. Plano de la variante de la carretera CV-50 [3].

En el proyecto mencionado, analizan los datos correspondientes a la totalidad del tráfico que circula por la CV-50 a su paso por la población de Tavernes de la Valldigna en los años 2019 y 2020. Además, han realizado una estimación del tráfico para el 2025, año de la puesta en servicio del proyecto [3].

Este análisis permite realizar una estimación precisa del tráfico, tanto del que circulará por el núcleo urbano como del que circulará por la variante.

Como resultado de este estudio, se estima que el 33,8% del tráfico total continuará circulando por la carretera CV-50, mientras que el 66,2% circulará por la futura circunvalación [3]. Estos datos son de suma importancia para comprender los resultados obtenidos tras la simulación del modelo de predicción una vez construida la variante.

5.2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA

A continuación, se va a realizar una descripción detallada de la zona donde se ha llevado a cabo el estudio. Primero se van a identificar las diferentes intersecciones que conforman la zona, y, posteriormente, se definirán los ejes viarios que se han tenido en cuenta.

5.2.1. INTERSECCIONES

Como se ha explicado en el capítulo 4, una parte importante del método CNOSSOS-EU es identificar las intersecciones que se encuentran en la zona de estudio. En la ilustración 4, se pueden observar tanto las rotondas como los semáforos de forma resaltada.



Ilustración 5. Identificación de las intersecciones en la zona de estudio.

Por tanto, en el recorrido de la carretera CV-50 que pasa por el interior de Tavernes de la Valldigna, existen un total de 3 rotondas (color verde) y 4 semáforos (color amarillo).

5.2.2. EJES VIARIOS

Con el fin de facilitar el conteo del caudal de tráfico de la manera más precisa, se ha dividido la carretera principal en diferentes tramos, atendiendo a la ubicación de los puntos de medida definidos en el siguiente capítulo. Además, se han tenido en cuenta las carreteras adyacentes a estos puntos con el objetivo de conseguir que el modelo de predicción alcance la mayor precisión posible.

Al dividir la carretera principal en diferentes tramos y considerar las adyacentes, se pretende que el estudio sea lo más representativo y completo posible.

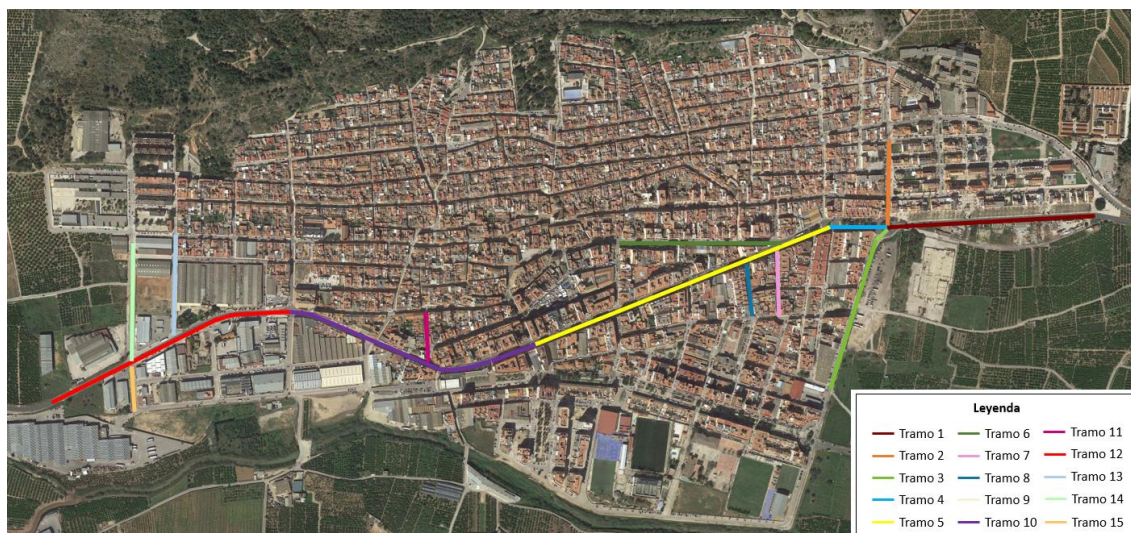


Ilustración 6. Ejes viarios considerados para la realización del estudio.

Como se muestra en la ilustración 5, se han tenido en cuenta un total de 15 tramos. De estos, 5 corresponden a la carretera CV-50 (tramos 1, 4, 5, 10 y 12) y los 10 restantes a las carreteras adyacentes (tramos 2, 3, 6, 7, 8, 9, 11, 13, 14 y 15).

6. MEDIDAS DE CAMPO

Una vez estudiada la zona donde se va a llevar a cabo el estudio, el siguiente paso consiste en realizar las mediciones de campo oportunas para obtener el nivel de presión sonora a lo largo de la carretera principal. La recopilación de estos datos permitirá conocer de manera precisa la situación acústica actual.

A continuación, se va a detallar la instrumentación empleada para la realización de estas medidas, se va a exponer cuantos puntos se han seleccionado para llevar a cabo las mediciones y donde se encuentran ubicados, se va a describir el procedimiento que se ha seguido para tomarlas, incluyendo las condiciones meteorológicas y el caudal de vehículos y, finalmente, se analizarán los resultados obtenidos.

6.1. INSTRUMENTACIÓN

Las medidas de campo se han realizado utilizando la siguiente instrumentación:

- Sonómetro Brüel & Kjær de clase 1, modelo 2250.
- Micrófono Brüel & Kjær prepolarizado de campo libre de ½ pulgada, modelo 4189 con número de serie 3181108.
- Preamplificador de micrófono Brüel & Kjær para el modelo 4189.
- Pantalla antiviento UA-1650 Brüel & Kjær.
- Trípode Manfrotto 7322YB.
- Anemómetro Testo 410-2.

La pantalla antiviento se utiliza para las mediciones al aire libre. De esta manera, se asegura que el viento no interfiera en la precisión de las medidas. Por otro lado, el anemómetro se emplea para comprobar las condiciones meteorológicas en el momento exacto en el que se toman las medidas. Este dispositivo mide la velocidad del viento, la humedad relativa y la temperatura.

En la ilustración 6, se puede ver una imagen del anemómetro tomada en uno de los días de medición.



Ilustración 7. Anemómetro midiendo la temperatura y la velocidad del viento.

Para transferir los datos recopilados del sonómetro al ordenador, se utiliza el software *BZ-5503 Measurement Partner Suite*, desarrollado por Brüel & Kjær.

6.2. PUNTOS DE MEDIDA

Para obtener los niveles de presión sonora L_d , L_e y L_n , es necesario definir una serie de posiciones de micrófono distintas. Al capturar datos en diferentes ubicaciones, se logra tener una visión completa del impacto acústico a lo largo de la CV-50.

En este caso, se han seleccionado un total de 4 puntos para llevar a cabo las mediciones. Dichos puntos, ubicados estratégicamente a lo largo de la carretera principal, se han definido como punto 1, punto 2, punto 3 y punto 4. En la ilustración 7, se aprecia la ubicación exacta de estos puntos de medida.



Ilustración 8. Ubicación de los puntos de medida.

Esta distribución permite obtener resultados representativos en toda la zona de estudio.

6.3. PROCEDIMIENTO DE REALIZACIÓN DE LAS MEDIDAS

Tras haber seleccionado los puntos de medida oportunos, hay que desplazarse al lugar in situ para proceder con las mediciones. En el estudio actual, se ha considerado el periodo de evaluación establecido en el Real Decreto 1367/2007, es decir, el mostrado en la tabla 1 y también definido en el método CNOSSOS-EU.

Para obtener resultados representativos, se ha definido un periodo de tres días para la realización de las medidas, puesto que hay que tener en cuenta las posibles variaciones tanto acústicas como ambientales en el lugar de estudio. Por tanto, se llevará a cabo un total de 9 medidas para cada punto de medida, 3 en el periodo de mañana (L_d), 3 en el periodo de tarde (L_e) y 3 en el periodo de noche (L_n). En total, se realizarán 36 medidas teniendo en cuenta los 4 puntos.

A continuación, se muestran los días en los que se tomaron las medidas incluyendo los periodos que se evaluaron:

- **30 de mayo.** Periodo de tarde y de noche.

- **31 de mayo.** Periodo de mañana, de tarde y de noche.
- **1 de junio.** Periodo de mañana y de noche.
- **2 de junio.** Periodo de mañana y de tarde.

Para llevar a cabo las mediciones, se situó el sonómetro a una altura de 1,5 metros sobre el nivel del suelo haciendo uso del trípode. Además, se comprobó que tenía una distancia mínima de 1,2 metros a cualquier fachada u obstáculo que pudiera generar reflexiones y producir distorsiones en las medidas. El ángulo de inclinación del sonómetro era de aproximadamente 45 grados.

En las ilustraciones 8 y 9 se muestran dos ejemplos de la toma de medidas, en el punto 4 durante el periodo de mañana y en el punto 3 durante el periodo de noche, respectivamente.



Ilustración 9. Punto 4 en el periodo de mañana.



Ilustración 10. Punto 3 en el periodo de noche.

Una vez configurado el sonómetro, se procederá con la realización de las medidas oportunas, cada una con una duración de 15 minutos. El tiempo de duración se ha ajustado en función de los ciclos de los semáforos.

6.3.1. **CONDICIONES METEOROLÓGICAS**

Antes de iniciar cada medición, se deben comprobar las condiciones meteorológicas haciendo uso del anemómetro. En el caso de que la velocidad del viento supere los 5 m/s la medida no se puede considerar válida y debe repetirse o esperar a que disminuya el viento para iniciarla. De esta forma se asegura que las condiciones ambientales no influyen en el resultado de las medidas.

En la siguiente tabla, se muestran reflejados los promedios de las condiciones meteorológicas recabadas con el anemómetro, obteniendo la humedad relativa, la velocidad del viento y la temperatura de los 3 días en los diferentes periodos de evaluación. En el anexo se puede encontrar la información para cada posición y medida realizada.

	Periodo	Condiciones meteorológicas		
		Humedad (%)	Viento (m/s)	Temperatura (°C)
Día 1	Mañana	49,5	0,9	28,1
	Tarde	67,9	0,4	22,4
	Noche	67,0	0,4	21,6
Día 2	Mañana	66,4	1,1	23,8
	Tarde	59,0	0,0	23,9
	Noche	68,0	0,1	22,3
Día 3	Mañana	64,4	0,5	25,4
	Tarde	62,3	0,5	26,2
	Noche	74,4	0,4	21,9

Tabla 7. Condiciones meteorológicas de los 3 días de medidas en los diferentes periodos de evaluación.

Como se puede observar, las condiciones ambientales durante las mediciones no muestran ninguna particularidad significativa, se encuentran dentro de lo esperado.

6.3.2. CAUDAL DE VEHÍCULOS

Otra parte fundamental del proceso de realizar las mediciones es llevar el conteo del tráfico durante el tiempo de cada medida, que en este caso es de 15 minutos. Esto permite caracterizar el flujo de tráfico del lugar de estudio de forma precisa.

Esta información también resulta útil a la hora crear el modelo de simulación (capítulo 7), ya que para definir las características de las carreteras es necesario indicar el caudal de vehículos que circulan en una hora. A continuación, se muestra el caudal de tráfico calculado para una hora, basándose en el conteo realizado durante los 15 minutos de duración de cada medida.

En la tabla 8, se muestra el caudal de tráfico de una hora durante el periodo de mañana.

Posiciones de Medida	Tramo	V/h por categorías de vehículos					
		1	2	3	4a	4b	5
Punto 1	1	762	111	23	7	23	0
	2	234	6	3	6	7	0
	3	156	16	0	0	7	0
	4	550	44	23	12	18	0
Punto 2	5	668	86	27	6	31	0
	6	111	8	0	3	11	0
	7	36	3	0	0	4	0
	8	64	3	0	0	3	0
	9	18	2	0	0	2	0
Punto 3	10	734	71	26	7	14	0
	11	14	2	0	0	0	0
Punto 4	12	851	66	19	6	18	0
	13	16	3	0	0	0	0
	14	11	12	2	0	0	0
	15	34	2	0	0	3	0

Tabla 8. Caudal de tráfico del modelo preoperacional calculado para una hora durante el periodo de mañana.

En la tabla 9, se muestra el caudal de tráfico de una hora durante el periodo de tarde.

Posiciones de Medida	Tramo	V/h por categorías de vehículos					
		1	2	3	4a	4b	5
Punto 1	1	614	19	14	8	16	0
	2	151	0	0	8	4	0
	3	228	3	2	8	11	0
	4	387	4	12	7	7	0
Punto 2	5	418	22	10	7	6	0
	6	80	3	0	2	6	0
	7	34	4	0	4	2	0
	8	39	3	0	3	0	0
	9	14	0	0	2	0	0
Punto 3	10	434	20	11	6	12	0
	11	6	0	0	0	2	0
Punto 4	12	367	16	12	3	7	0
	13	15	2	0	2	0	0
	14	31	3	3	2	2	0
	15	14	0	0	0	0	0

Tabla 9. Caudal de tráfico del modelo preoperacional calculado para una hora durante el periodo de tarde.

En la tabla 10, se muestra el caudal de tráfico de una hora durante el periodo de noche.

Posiciones de Medida	Tramo	V/h por categorías de vehículos					
		1	2	3	4a	4b	5
Punto 1	1	66	3	3	2	2	0
	2	20	0	0	0	0	0
	3	24	2	0	0	0	0
	4	40	0	3	0	0	0
Punto 2	5	52	8	2	2	2	0
	6	8	0	0	0	0	0
	7	2	0	0	2	3	0
	8	6	2	0	0	0	0
	9	4	0	0	0	0	0
Punto 3	10	58	0	2	2	2	0
	11	6	0	0	0	0	0
Punto 4	12	92	7	2	4	2	0
	13	6	2	0	2	0	0
	14	8	2	0	0	0	0
	15	8	0	0	0	0	0

Tabla 10. Caudal de tráfico del modelo preoperacional calculado para una hora durante el periodo de noche.

Al analizar las tres tablas, puede concluirse que el caudal de vehículos que atraviesa la CV-50 es mucho mayor que el de las carreteras adyacentes. Además, conforme avanza el día, el flujo de tráfico va disminuyendo considerablemente.

En el anexo se muestra el conteo del caudal durante los 15 minutos para cada posición de micrófono.

6.4. RESULTADOS

Por último, se van a presentar los resultados del nivel de presión sonora obtenidos tras las mediciones. Para ello, se ha calculado un promedio de los tres días para cada punto de medida y periodo de evaluación. Los niveles de presión sonora (L_{Aeq}) de cada medida tomada se pueden encontrar detallados en el anexo.

A continuación, se mostrarán los niveles obtenidos en las mediciones y se compararán con los niveles permitidos en la normativa vigente. Puesto que la zona de estudio se considera de uso residencial, se van a contrastar los resultados con los niveles máximos permitidos en la legislación estatal (Real Decreto 1038/2012), definidos en la tabla 2, así como los permitidos en la legislación autonómica (Ley 7/2002), definidos en la tabla 4.

En la tabla 11, se presentan los resultados obtenidos tras las mediciones en el periodo diurno, así como la comparación de estos valores con la normativa estatal y la autonómica.

Posiciones de medida	Periodo diurno				
	L_{Aeq} (dBA)	Real Decreto 1038/2012 (estatal)	Diferencia (dBA)	Ley 7/2002 (autonómica)	Diferencia (dBA)
Punto 1	68,6	65	3,6	55	13,6
Punto 2	69,1	65	4,1	55	14,1
Punto 3	69,3	65	4,3	55	14,3
Punto 4	70,6	65	5,6	55	15,6

Tabla 11. Presentación de los resultados y comparativa con la legislación actual en el periodo diurno.

Analizando los datos de la tabla anterior, se observa que los niveles registrados no cumplen en ningún punto, superando en un máximo de 5,6 dBA la legislación estatal, y en 15,6 dBA la legislación autonómica.

En la tabla 12, se presentan los resultados obtenidos tras las mediciones en el periodo vespertino, así como la comparación de estos valores con la normativa estatal y la autonómica.

Posiciones de medida	Periodo vespertino				
	L_{Aeq} (dBA)	Real Decreto 1038/2012 (estatal)	Diferencia (dBA)	Ley 7/2002 (autonómica)	Diferencia (dBA)
Punto 1	67,4	65	2,4	55	12,4
Punto 2	65,7	65	0,7	55	10,7
Punto 3	67,7	65	2,7	55	12,7
Punto 4	67,2	65	2,2	55	12,2

Tabla 12. Presentación de los resultados y comparativa con la legislación actual en el periodo vespertino.

De la misma forma que ocurre en el periodo diurno, en el periodo vespertino se sigue sin cumplir con la normativa vigente en ningún punto, superando en un máximo de 2,7 dBA la legislación estatal, y en 12,7 dBA la legislación autonómica. Si bien es cierto que los niveles han disminuido respecto al periodo anterior, sigue sin ser suficiente para cumplir con los límites permitidos.

En la tabla 13, se presentan los resultados obtenidos tras las mediciones en el periodo nocturno, así como la comparación de estos valores con la normativa estatal y la autonómica.

Posiciones de medida	Periodo nocturno				
	L _{Aeq} (dBA)	Real Decreto 1038/2012 (estatal)	Diferencia (dBA)	Ley 7/2002 (autonómica)	Diferencia (dBA)
Punto 1	58,5	55	3,5	45	13,5
Punto 2	58,8	55	3,8	45	13,8
Punto 3	58,8	55	3,8	45	13,8
Punto 4	62,3	55	7,3	45	17,3

Tabla 13. Presentación de los resultados y comparativa con la legislación actual en el periodo nocturno.

Los niveles permitidos en el periodo nocturno disminuyen 10 dBA respecto al diurno y el vespertino en ambas legislaciones. Sin embargo, los resultados obtenidos en las mediciones, aunque disminuyen respecto a los anteriores dos periodos, siguen sin cumplir.

En la siguiente ilustración, se representan mediante un gráfico los resultados expuestos anteriormente, tanto los niveles obtenidos en los periodos diurno, vespertino y nocturno como los niveles permitidos por la legislación estatal y autonómica. Cabe destacar que el nivel de la línea “Autonómica (Ld y Le)” y la “Estatad (Ln)” tienen los mismos valores.

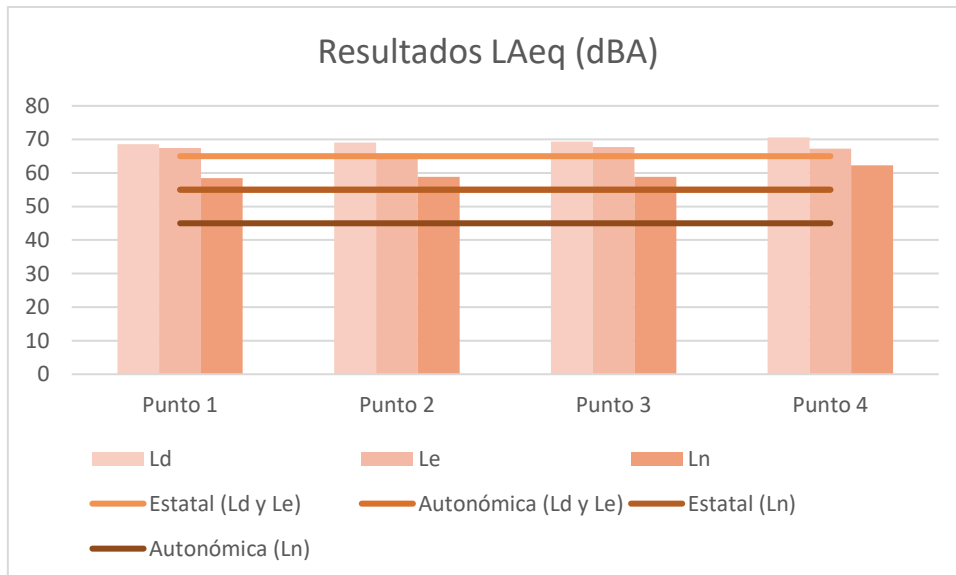


Ilustración 11. Representación gráfica de los resultados expuestos.

Por tanto, después de haber analizado los resultados anteriores, se concluye que actualmente los niveles de presión sonora generados en la CV-50, no cumplen con la normativa establecida, pudiendo ocasionar problemas de salud en la población residente próxima a la zona.

CAPÍTULO 7. MODELOS DE SIMULACIÓN

En este capítulo se va a obtener el mapa de ruido en la zona de estudio tanto para la situación acústica actual (modelo preoperacional) como para la situación una vez esté construida la futura circunvalación (modelo postoperacional). Para llevar a cabo esta tarea, se hace uso del software [Predictor-LimA V2022 released - DGMR Software](#), una herramienta especializada en el desarrollo de modelos de predicción acústica.

Mediante la utilización de este software, se crea un modelo de simulación, que permite predecir los niveles de ruido generados en los puntos de medición previamente definidos. El modelo considera diversos parámetros relevantes, como el caudal de vehículos, los materiales de absorción del entorno, la altura de los edificios, el tipo de pavimento del eje viario, etc.

Predictor permite utilizar diferentes métodos de cálculo. Como ya se ha comentado anteriormente, el método utilizado en este estudio ha sido el método CNOSSOS-EU (capítulo 4).

Tras esta pequeña introducción al software utilizado, se va a entrar en detalle con los dos modelos de simulación creados.

7.1. MODELO PREOPERACIONAL

El modelo preoperacional se ha desarrollado con la finalidad de simular la situación acústica actual. Así, se garantiza la disponibilidad de un modelo fiable que servirá como base para llevar a cabo las simulaciones del modelo que representa la situación futura (modelo postoperacional).

En primer lugar, se ha obtenido la información de la cartografía de Tavernes de la Valldigna desde la sede electrónica del catastro, descargando las construcciones en formato *shapefile*. Este tipo de archivo permite almacenar información sobre la geometría y la altura de cada construcción.

Una vez importado el plano, se ha llevado a cabo la tarea de completar la información sobre la altura de los edificios. Puesto que el catastro proporciona únicamente el número de plantas de cada edificio, pero no el valor exacto de la altura, se ha asignado este atributo a las propiedades de los edificios con el fin de reflejar el número de plantas del que está compuesto. De manera que, en la casilla para asignar la altura se ha dado el valor exacto de esta, estableciendo 3 metros por planta.

Únicamente se ha asignado el valor exacto de la altura a los edificios adyacentes a la CV-50. Para los demás edificios, se ha decidido asignar una altura general de 9 metros y de esta forma simplificar el modelo, puesto que no es necesario llegar a ese nivel de detalle para realizar la simulación.

Respecto al factor de reflexión de los edificios se le ha asignado un valor u otro dependiendo de si el material de la fachada es más o menos reflectante.

Seguidamente, se han establecido los ejes viarios:

- La **velocidad** establecida es de 30 km/h en todos los tramos, excepto en el 1, que se le ha asignado 50 km/h como se indica en las señales de la población.
- El **caudal de tráfico** asignado es el expuesto en las tablas 8, 9 y 10.
- El **tipo de pavimento** utilizado es la superficie de referencia, ya comentado en el apartado 4.1.3 del capítulo 4.
- Para las **intersecciones**, se ha dividido el tramo en segmentos pequeños antes y después de cada intersección, indicando la distancia de separación desde el centro de cada segmento hasta la misma, tal y como sugiere el manual de usuario del software.

Por último, se han reflejado las zonas de vegetación, asignándoles un coeficiente de absorción de 1 (muy absorbente).

En la siguiente ilustración se muestra el resultado final de la caracterización del modelo, donde se ven reflejadas las distintas alturas de los edificios, las carreteras y las zonas de vegetación.

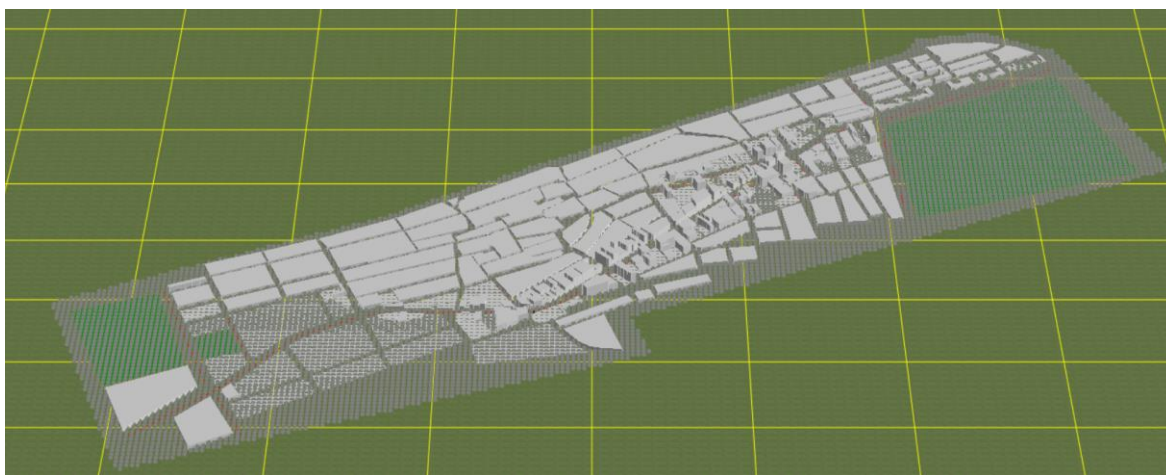


Ilustración 12. Caracterización del modelo preoperacional.

Antes de iniciar el cálculo, se han localizado los receptores en los puntos de medida previamente definidos (capítulo 6), proporcionándoles una altura de 1,5 metros sobre el nivel del suelo, misma altura que el equipo de medición utilizado.

La malla de cálculo se ha definido con un espaciado de rejilla de 10 m x 10 m a una altura de 4 metros.

7.1.1. VALIDACIÓN DEL MODELO

Una vez definido el modelo, incluyendo los receptores y la malla, se procede a iniciar el cálculo. Para considerar que el modelo es válido, la diferencia entre los datos experimentales y los simulados ha de ser menor o igual a 3 dBA.

Para conseguir cumplir con este criterio, hay que optimizar varios factores, como la distancia entre los receptores y la carretera o los coeficientes de absorción de los edificios cercanos a la CV-50, entre otros.

En la tabla 14, se presentan los datos del periodo diurno obtenidos de las mediciones, los obtenidos de la simulación, y la diferencia, en valor absoluto, entre ambos.

Posiciones de medida	Periodo diurno		
	L _{Aeq} medida (dBA)	L _{Aeq} simulado (dBA)	Diferencia
Punto 1	68,6	71,5	2,9
Punto 2	69,1	71,8	2,7
Punto 3	69,3	71,6	2,3
Punto 4	70,6	70	0,6

Tabla 14. Diferencia entre los niveles experimentales y los simulados.

En la tabla 15, se presentan los datos del periodo vespertino obtenidos de las mediciones, los obtenidos de la simulación, y la diferencia, en valor absoluto, entre ambos.

Posiciones de medida	Periodo vespertino		
	L _{Aeq} medida (dBA)	L _{Aeq} simulado (dBA)	Diferencia
Punto 1	67,4	68	0,6
Punto 2	65,7	67,2	1,5
Punto 3	67,7	68,2	0,5
Punto 4	67,2	66,1	1,1

Tabla 15. Diferencia entre los niveles experimentales y los simulados.

En la tabla 16, se presentan los datos del periodo nocturno obtenidos de las mediciones, los obtenidos de la simulación, y la diferencia, en valor absoluto, entre ambos.

Posiciones de medida	Periodo nocturno		
	L _{Aeq} medida (dBA)	L _{Aeq} simulado (dBA)	Diferencia
Punto 1	58,5	59,6	1,1
Punto 2	58,8	60,9	2,1
Punto 3	58,8	59	0,2
Punto 4	62,3	60,3	2

Tabla 16. Diferencia entre los niveles experimentales y los simulados.

Como se puede comprobar, se cumple con el criterio de la diferencia de decibelios entre los dos niveles en todos los periodos, por lo que se puede considerar que el modelo de simulación ha sido validado de manera efectiva.

7.1.2. MAPAS DE RUIDO

A continuación, se muestran los mapas de ruido obtenidos mediante la utilización del software mencionado anteriormente, donde se representan los niveles de presión sonora en los tres periodos distintos: mañana, tarde y noche. Estos niveles corresponden con los expuestos en las tablas 14, 15 y 16 respectivamente.

En la ilustración 11 se representa el mapa de ruido del periodo diurno.

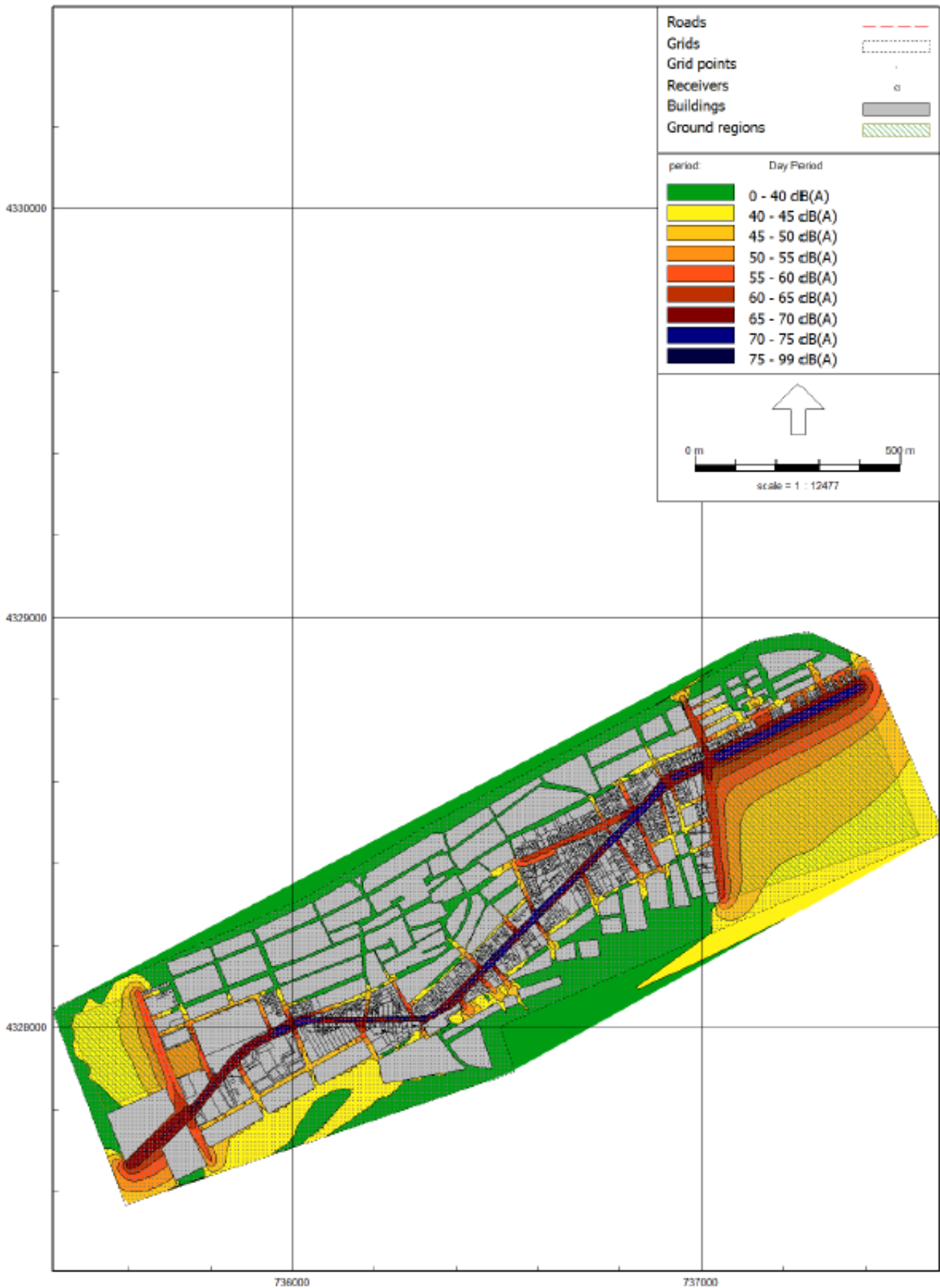


Ilustración 13. Mapa de ruido del modelo preoperacional durante el periodo diurno.

En la ilustración 12, se representa el mapa de ruido en el periodo vespertino.

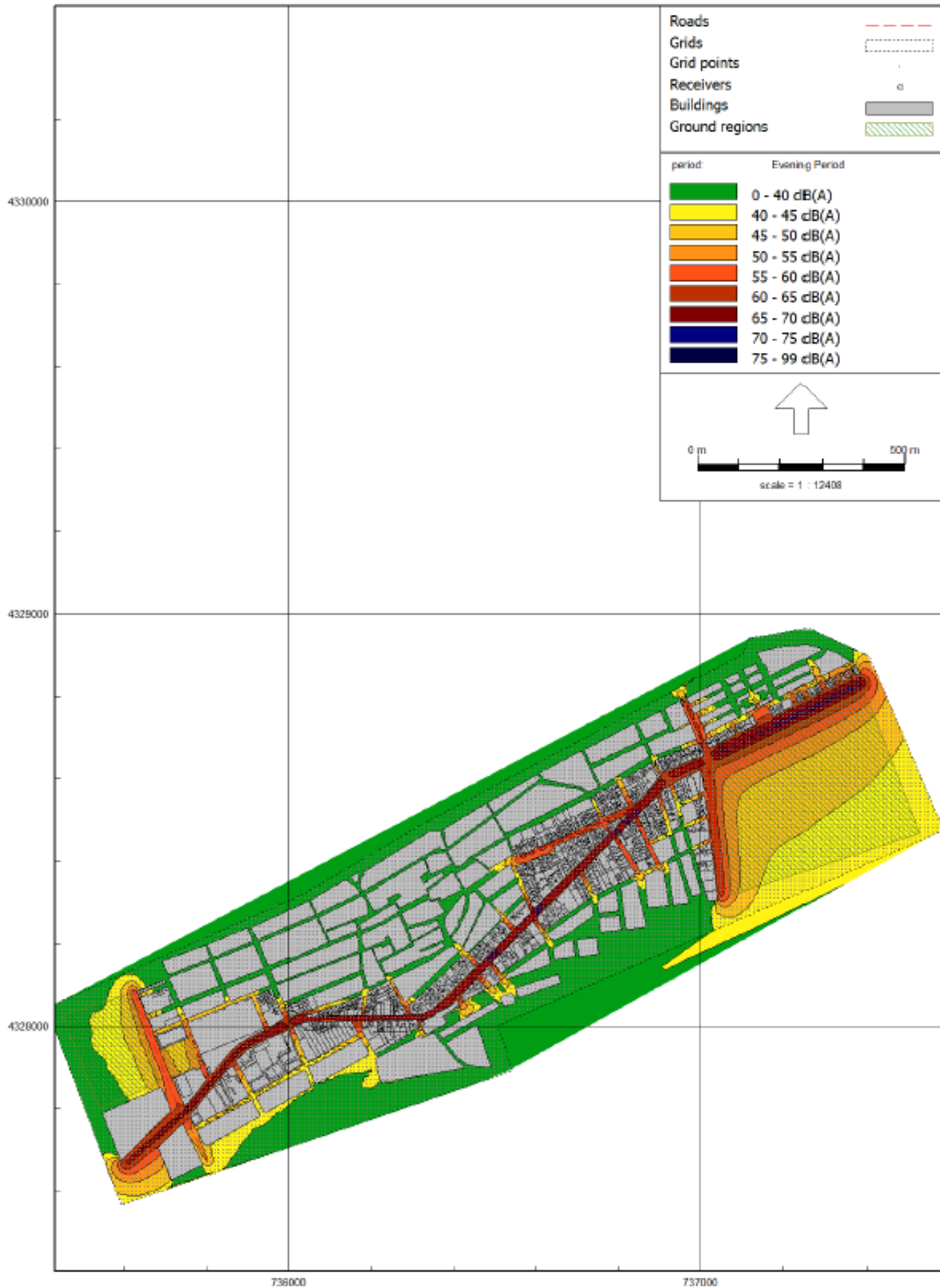


Ilustración 14. Mapa de ruido del modelo preoperacional durante el periodo vespertino.

En la ilustración 13, se representa el mapa de ruido en el periodo nocturno.



Ilustración 15. Mapa de ruido del modelo preoperacional durante el periodo nocturno.

Los mapas representan de manera gráfica los resultados obtenidos en cada punto, reflejando los niveles de presión sonora. Como se ha mencionado anteriormente, a medida que transcurren las horas del día, se observa una progresión en cuanto a la disminución de estos niveles. Sin embargo, como se ha analizado en el apartado 6.4 del capítulo 6, los niveles de presión sonora superan los límites permitidos por la legislación estatal y autonómica en todos los periodos y puntos de medición.

7.2. MODELO POSTOPERACIONAL

El modelo postoperacional es el encargado de simular la situación futura una vez construida la circunvalación. Este modelo se crea a raíz del modelo preoperacional una vez este ha sido validado.

El principal cambio respecto al anterior modelo radica en la disminución de tráfico que supone la construcción de la variante. A continuación, se analizarán en detalle los aspectos relacionados con la reducción del tráfico, así como los resultados obtenidos en la simulación y el cumplimiento de la normativa.

7.2.1. DISMINUCIÓN DEL CAUDAL DE TRÁFICO

En el capítulo 5 se detalló el estudio presentado por la Generalitat Valenciana referente al proyecto de la variante. En este estudio, se especificaba que el 33,8% del tráfico total permanecería circulando por la carretera CV-50, mientras que el 66,2% restante circularía por la nueva circunvalación.

Atendiendo a estos datos, se ha procedido a calcular la estimación del tráfico que circulará por la CV-50. Para ello, se ha calculado el 33,8% del caudal de tráfico presentado en las tablas 8, 9 y 10, considerando los diferentes periodos de evaluación.

En la tabla 17, se presenta el caudal de tráfico de una hora una vez construida la variante durante el periodo de mañana.

Posiciones de Medida	Tramo	V/h por categorías de vehículos					
		1	2	3	4a	4b	5
Punto 1	1	258	38	8	3	8	0
	2	80	2	1	2	3	0
	3	53	6	0	0	3	0
	4	186	15	8	5	7	0
Punto 2	5	226	30	10	2	11	0
	6	38	3	0	1	4	0
	7	13	1	0	0	2	0
	8	22	1	0	0	1	0
	9	7	1	0	0	1	0
Punto 3	10	249	24	9	3	5	0
	11	5	1	0	0	0	0
Punto 4	12	288	23	7	2	7	0
	13	6	1	0	0	0	0
	14	4	5	1	0	0	0
	15	12	1	0	0	1	0

Tabla 17. Caudal de tráfico del modelo postoperacional calculado para una hora durante el periodo de mañana.

En la tabla 18, se presenta el caudal de tráfico de una hora una vez construida la variante durante el periodo de tarde.

Posiciones de Medida	Tramo	V/h por categorías de vehículos					
		1	2	3	4a	4b	5
Punto 1	1	208	7	5	3	6	0
	2	51	0	0	3	2	0
	3	78	1	1	3	4	0
	4	131	2	5	3	3	0
Punto 2	5	142	8	4	3	2	0
	6	27	1	0	1	2	0
	7	12	2	0	2	1	0
	8	14	1	0	1	0	0
	9	5	0	0	1	0	0
Punto 3	10	147	7	4	2	5	0
	11	2	0	0	0	1	0
Punto 4	12	124	6	5	1	3	0
	13	6	1	0	1	0	0
	14	11	1	1	1	1	0
	15	5	0	0	0	0	0

Tabla 18. Caudal de tráfico del modelo postoperacional calculado para una hora durante el periodo de tarde.

En la tabla 19, se presenta el caudal de tráfico de una hora una vez construida la variante durante el periodo de noche.

Posiciones de Medida	Tramo	V/h por categorías de vehículos					
		1	2	3	4a	4b	5
Punto 1	1	23	1	1	1	1	0
	2	7	0	0	0	0	0
	3	9	1	0	0	0	0
	4	14	0	1	0	0	0
Punto 2	5	18	3	1	1	1	0
	6	3	0	0	0	0	0
	7	1	0	0	1	1	0
	8	2	1	0	0	0	0
	9	2	0	0	0	0	0
Punto 3	10	20	0	1	1	1	0
	11	2	0	0	0	0	0
Punto 4	12	32	3	1	2	1	0
	13	2	1	0	1	0	0
	14	3	1	0	0	0	0
	15	3	0	0	0	0	0

Tabla 19. Caudal de tráfico del modelo postoperacional calculado para una hora durante el periodo de noche.

Al analizar los resultados obtenidos, se observa que, pese a la evidente reducción de tráfico, continúa habiendo una gran cantidad de vehículos que circularán por la vía, particularmente durante el periodo de mañana y de tarde.

7.2.2. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

Una vez se ha establecido correctamente el caudal de tráfico detallado en las tablas 17, 18 y 19, se procede a calcular el modelo utilizando la misma malla de simulación que se empleó en el modelo preoperacional.

A continuación, se presentarán los resultados obtenidos, tanto los niveles de presión sonora calculados en cada punto de medición como los mapas de ruido, ambos dos para cada periodo de evaluación.

7.2.2.1. RESULTADOS NUMÉRICOS

Los niveles de presión sonora obtenidos del cálculo del modelo se van a exponer en la tabla 20 diferenciando los periodos de evaluación.

Posiciones de medida	L _{Aeq} (dBA)		
	Mañana	Tarde	Noche
Punto 1	66,9	63,4	55
Punto 2	67,3	62,9	57
Punto 3	67	63,6	55,1
Punto 4	65,4	61,8	56,3

Tabla 20. Resultados obtenidos en el cálculo del modelo postoperacional.

Comparando estos resultados con los obtenidos del modelo preoperacional (tablas 14, 15 y 16), se puede observar una disminución de entre 3 y 5 dBA en el nivel de presión sonora.

Más adelante en este mismo capítulo, se realiza una comparación entre los niveles obtenidos en el cálculo y la normativa estatal y autonómica vigente.

7.2.2.2. MAPAS DE RUIDO

En las siguientes ilustraciones, se muestran los niveles de ruido en los diferentes periodos sobre el mapa de la población una vez se haya construido la futura circunvalación.

En la ilustración 14 se muestran los niveles de presión sonora obtenidos en el modelo postoperacional durante el periodo diurno.

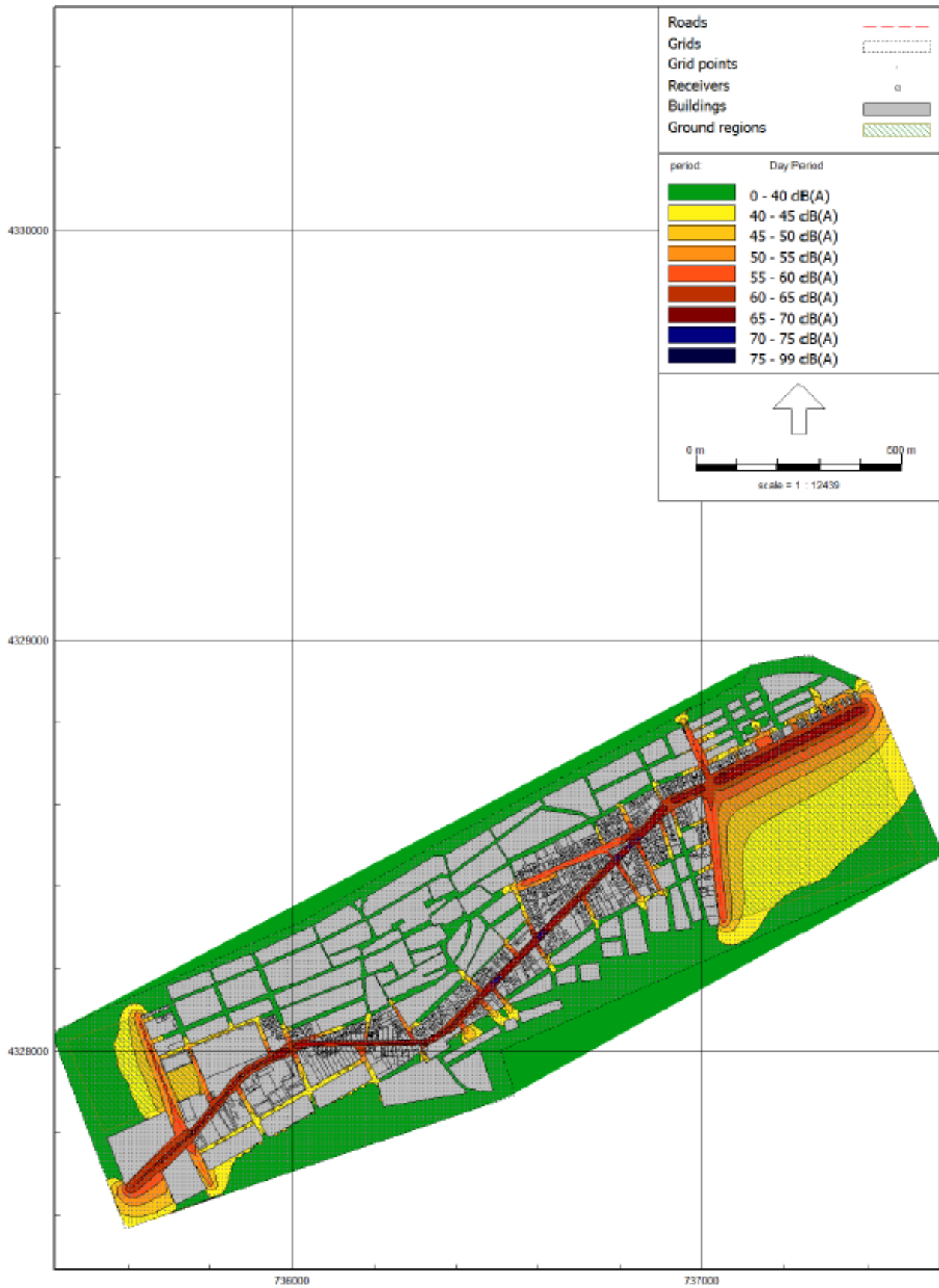


Ilustración 16. Mapa de ruido del modelo postoperacional durante el periodo diurno.

En la ilustración 15 se muestran los niveles de presión sonora obtenidos en el modelo postoperacional durante el periodo vespertino.

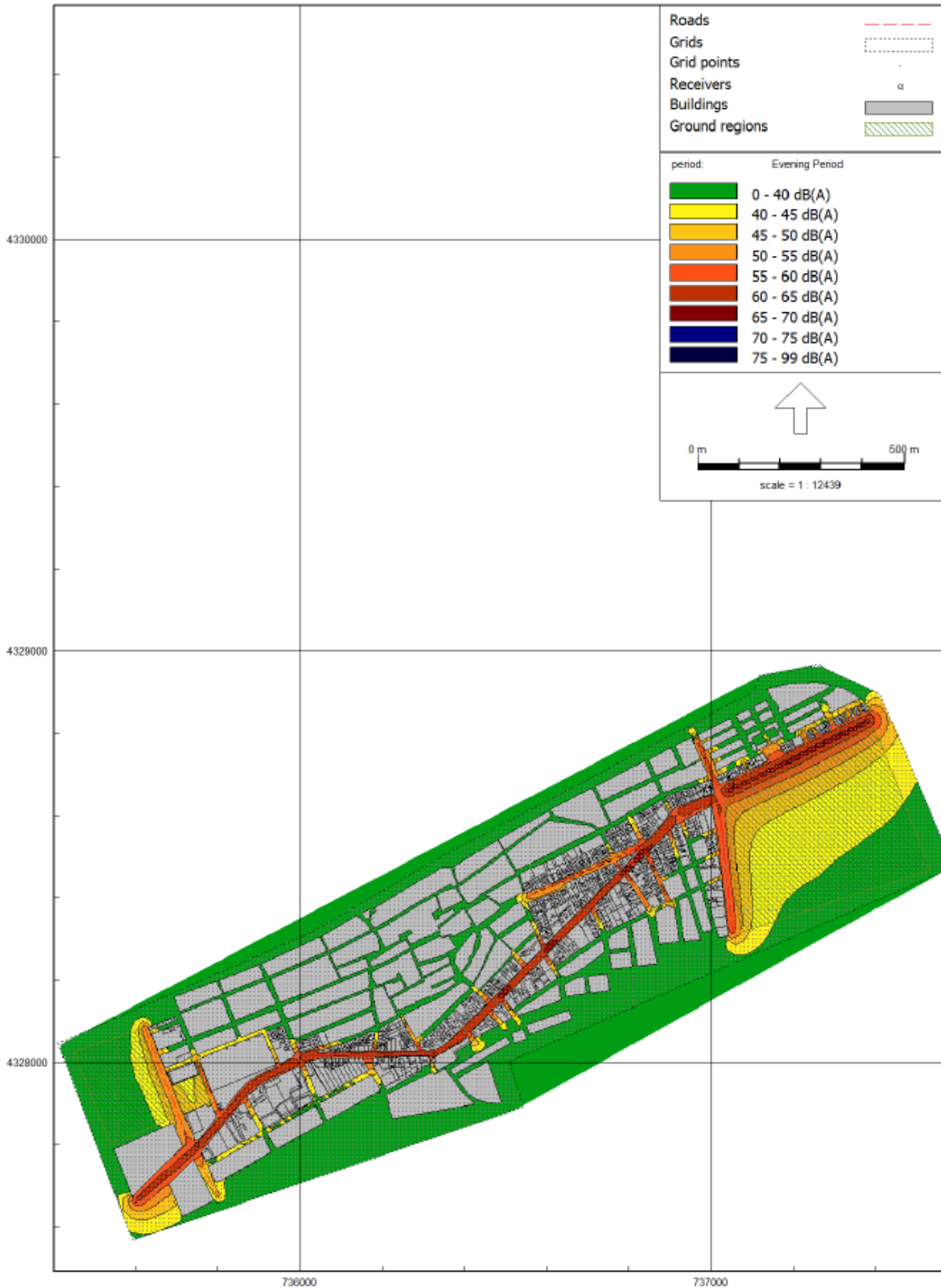


Ilustración 17. Mapa de ruido del modelo postoperacional durante el periodo vespertino.

En la ilustración 16 se muestran los niveles de presión sonora obtenidos en el modelo postoperacional durante el periodo nocturno.

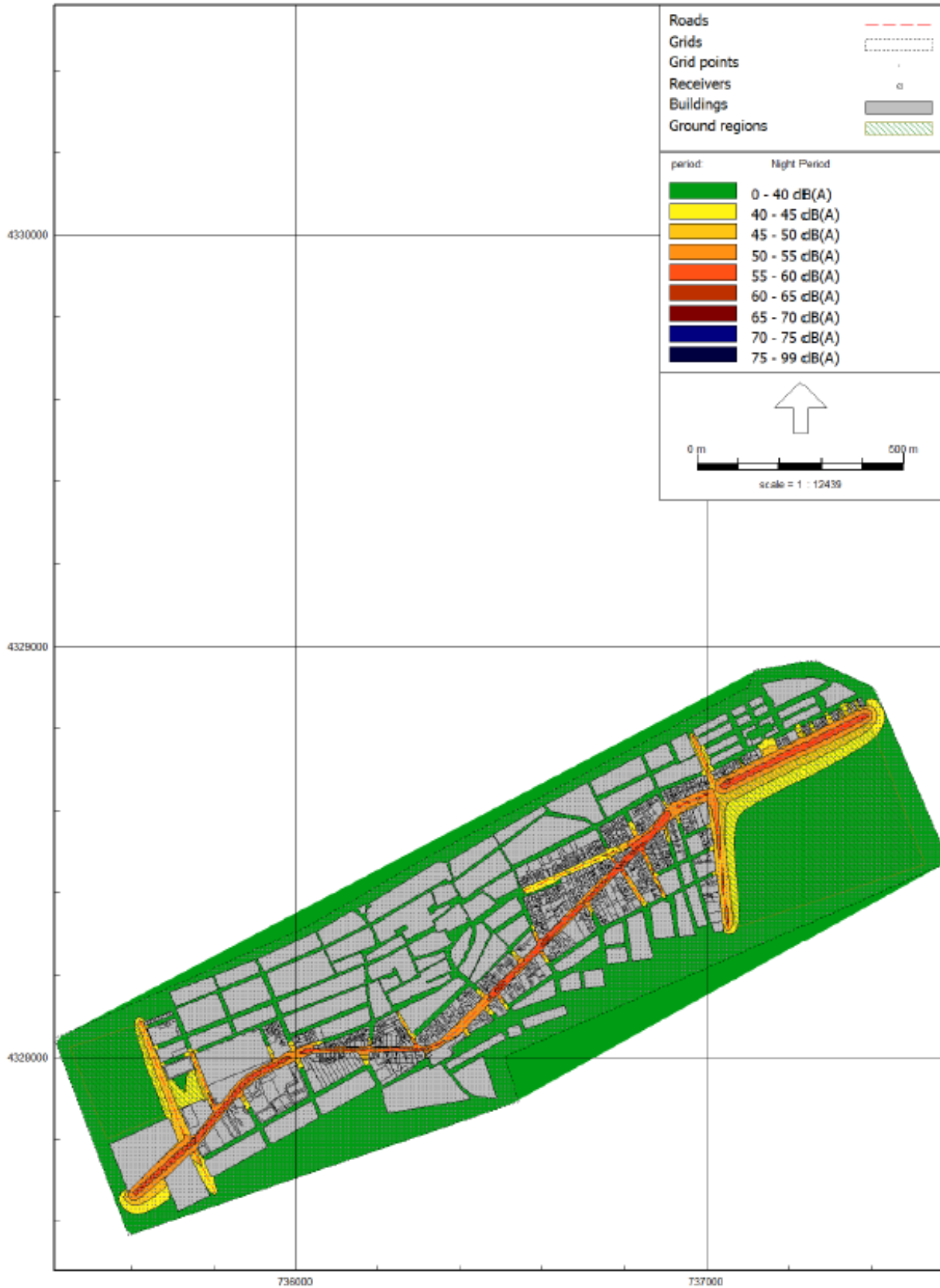


Ilustración 18. Mapa de ruido del modelo postoperacional durante el periodo nocturno.

Como se ha podido comprobar en los resultados expuestos en la tabla 20, los niveles de presión sonora han disminuido.

En el periodo diurno apenas hay tramos entre los 70 - 75 dBA a diferencia del mapa obtenido en el modelo preoperacional (ilustración 11) donde la mayor parte de los tramos están entre estos niveles.

En el periodo vespertino, se observan algunos tramos entre el rango de 65 - 70 dBA, aunque mayoritariamente predomina el de 60 – 65 dBA. En cambio, en el modelo preoperacional (ilustración 12) se observan tramos entre los 70 – 75 dBA, predominando el rango entre los 65 – 70 dBA.

Por último, en el periodo nocturno, los tramos existentes se encuentran entre los rangos 50 – 55 y 55- 60 dBA, mientras que en el modelo preoperacional (ilustración 13) predominan los rangos entre los 55 – 60 y 60 – 65 dBA.

7.2.3. CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA

Una vez se han analizado los resultados para cada punto de medición y los mapas de ruido obtenidos, hay que proceder a analizar si los niveles de presión sonora cumplen con los límites establecidos. Por tanto, se va a realizar una comparativa de los resultados obtenidos con los límites establecidos por la normativa estatal (Real Decreto 1038/2012) y autonómica (Ley 7/2002) teniendo en cuenta que la zona de estudio es de uso residencial, como ya se ha especificado anteriormente.

En la tabla 21 se presenta la comparativa entre los límites permitidos en la normativa estatal y la autonómica y los obtenidos en la simulación durante el periodo diurno.

Posiciones de medida	Periodo diurno				
	L _{Aeq} (dBA)	Real Decreto 1038/2012 (estatal)	Diferencia (dBA)	Ley 7/2002 (autonómica)	Diferencia (dBA)
Punto 1	66,9	65	1,9	55	11,9
Punto 2	67,3	65	2,3	55	12,3
Punto 3	67	65	2	55	12
Punto 4	65,4	65	0,4	55	10,4

Tabla 21. Comparativa entre los niveles calculados en el modelo postoperacional y la normativa actual durante el periodo diurno.

En el periodo diurno, no se cumple con la normativa en ninguno de los puntos. Respecto a la normativa estatal, los resultados están más ajustados, teniendo una diferencia máxima de 2,3 dBA. En cambio, para la normativa autonómica, la diferencia es más notoria.

En la tabla 22 se presenta la comparativa entre los límites permitidos en la normativa estatal y la autonómica y los obtenidos en la simulación durante el periodo vespertino.

Posiciones de medida	Periodo vespertino				
	L _{Aeq} (dBA)	Real Decreto 1038/2012 (estatal)	Diferencia (dBA)	Ley 7/2002 (autonómica)	Diferencia (dBA)
Punto 1	63,4	65	-1,6	55	8,4
Punto 2	62,9	65	-2,1	55	7,9
Punto 3	63,6	65	-1,4	55	8,6
Punto 4	61,8	65	-3,2	55	6,8

Tabla 22. Comparativa entre los niveles calculados en el modelo postoperacional y la normativa actual durante el periodo vespertino.

En este periodo de evaluación, los niveles obtenidos cumplen en todos los puntos respecto a la normativa estatal. Sin embargo, respecto a la normativa autonómica, no cumplen.

En la tabla 23 se presenta la comparativa entre los límites permitidos en la normativa estatal y la autonómica y los obtenidos en la simulación durante el periodo nocturno.

Posiciones de medida	Periodo nocturno				
	L _{Aeq} (dBA)	Real Decreto 1038/2012 (estatal)	Diferencia (dBA)	Ley 7/2002 (autonómica)	Diferencia (dBA)
Punto 1	55	55	0	45	10
Punto 2	57	55	2	45	12
Punto 3	55,1	55	0,1	45	10,1
Punto 4	56,3	55	1,3	45	11,3

Tabla 23. Comparativa entre los niveles calculados en el modelo postoperacional y la normativa actual durante el periodo nocturno.

En el periodo nocturno se cumple en el punto 1 y podría considerarse el punto 3, en cambio en el 2 y 4 no se cumple con la normativa. Respecto a la normativa estatal hay una diferencia máxima de 2 dBA, y respecto a la normativa autonómica 11,3 dBA.

Por tanto, no se cumple con la legislación en ningún punto y periodo, excepto en el periodo vespertino y en los puntos 1 y 3 del nocturno teniendo en cuenta la normativa estatal.

Se puede concluir que, pese a que la situación ha mejorado notablemente con la construcción de la circunvalación, no es una solución lo suficientemente efectiva como para cumplir con la legislación vigente.

CAPÍTULO 8. PROPUESTA DE MEJORA

En el capítulo anterior, se llevaron a cabo las simulaciones de los dos modelos de simulación, preoperacional y postoperacional. Como resultado, se concluyó que en ambos modelos no se cumplía con los límites permitidos en la normativa vigente. Si bien es cierto que con la propuesta de la nueva variante se observó una disminución considerable de los niveles de ruido, se ha verificado que esta medida no resulta lo suficientemente efectiva.

Por tanto, se ha propuesto una nueva medida con el objetivo de aumentar la reducción del tráfico y, como consecuencia, continuar disminuyendo los niveles de presión sonora. En este capítulo se expondrá la nueva propuesta y se analizarán los resultados obtenidos mediante el software *Predictor*.

8.1. NUEVA MEDIDA PROPUESTA

Partiendo del modelo postoperacional, se ha propuesto una nueva medida para disminuir los niveles de ruido en la CV-50 a su paso por Tavernes de la Valldigna.

La medida propuesta consiste en prohibir la circulación de vehículos pesados dentro de la población (categorías 2 y 3 según la clasificación del método CNOSSOS-EU), puesto que estos vehículos representan una fuente de ruido significativa.

Para la creación de este modelo, únicamente se modifica el caudal de vehículos del modelo postoperacional (tablas 17, 18 y 19), poniendo a 0 el número de vehículos de las categorías 2 y 3. Es decir, se elimina completamente la circulación de vehículos pesados por la CV-50 dentro de la población de Tavernes de la Valldigna.

8.1.1. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

La malla de simulación utilizada es la misma que en los dos modelos anteriores. A continuación, se presentarán los resultados numéricos y los mapas de ruido obtenidos.

8.1.1.1. RESULTADOS NUMÉRICOS

En la tabla 24 se muestran los resultados obtenidos en cada punto de medición y para los diferentes periodos de evaluación, además de la diferencia en dBA entre el modelo postoperacional 1 y el modelo postoperacional 2.

Posiciones de medida	L _{Aeq} (dBA)			Diferencia postoperacional 1 y 2		
	Mañana	Tarde	Noche	Mañana	Tarde	Noche
Punto 1	61,6	60,6	51,2	- 5,3	- 2,8	- 3,8
Punto 2	59,1	56,9	48,1	- 8,2	- 6	- 8,9
Punto 3	63,8	61,6	53,1	- 3,2	- 2	- 2
Punto 4	62,8	59,2	53,5	- 2,6	- 2,6	- 2,8

Tabla 24. Resultados obtenidos en el cálculo del segundo modelo postoperacional.

Como se puede observar en la tabla anterior, los resultados obtenidos en este modelo se reducen hasta en 8,9 dBA respecto al modelo anterior. Por tanto, la medida propuesta resulta bastante efectiva. Más adelante, se compararán los resultados con la normativa vigente.

8.1.1.2. MAPAS DE RUIDO

A continuación, se presentan los mapas de ruido obtenidos con la ejecución de esta nueva medida en los tres periodos de evaluación. En la ilustración 17, se muestran los niveles de presión sonora del modelo postoperacional 2 en el periodo diurno.

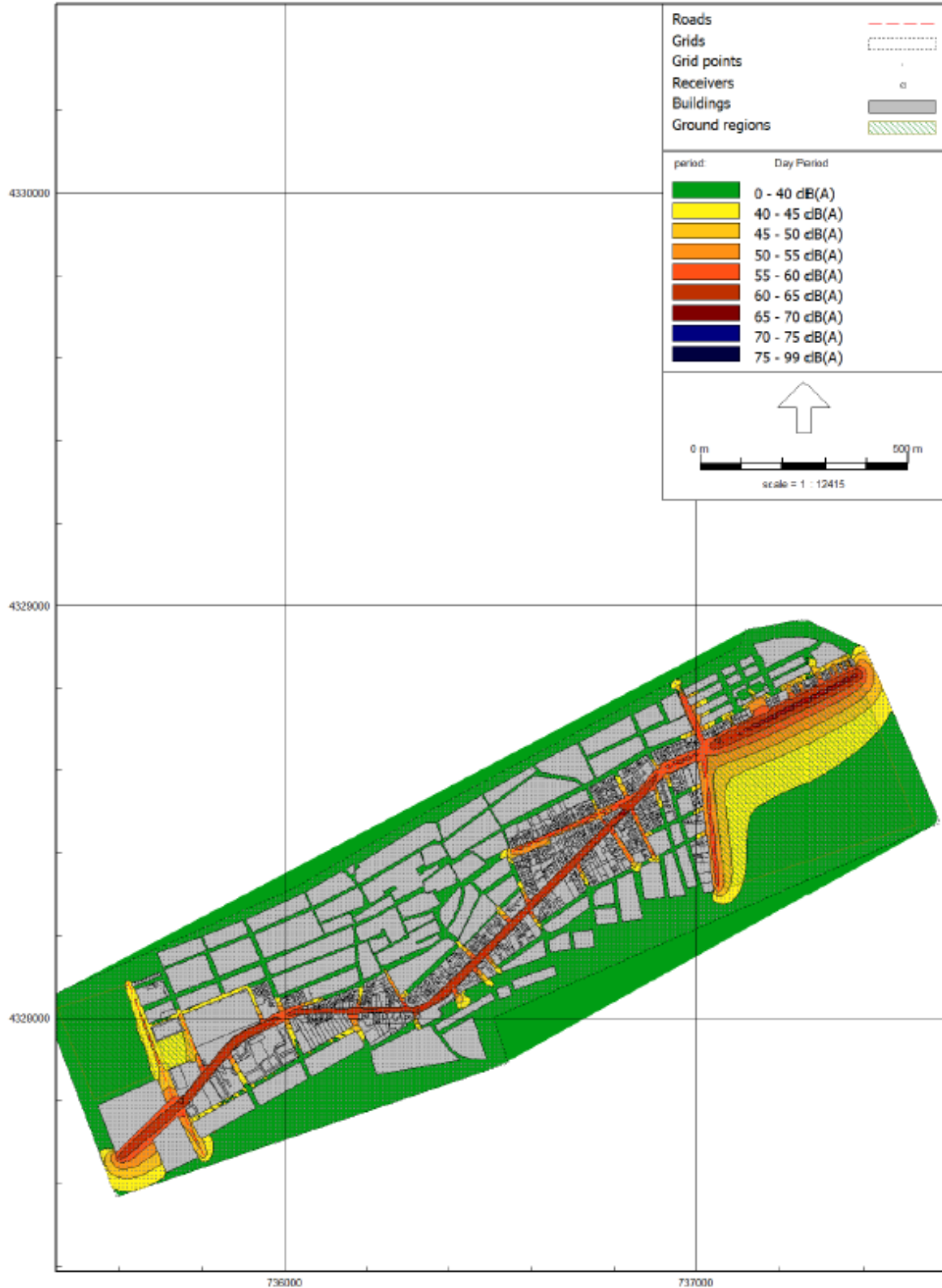


Ilustración 19. Mapa de ruido del modelo postoperacional 2 en el periodo diurno.

En la ilustración 18, se muestran los niveles de presión sonora del modelo postoperacional 2 en el periodo vespertino.

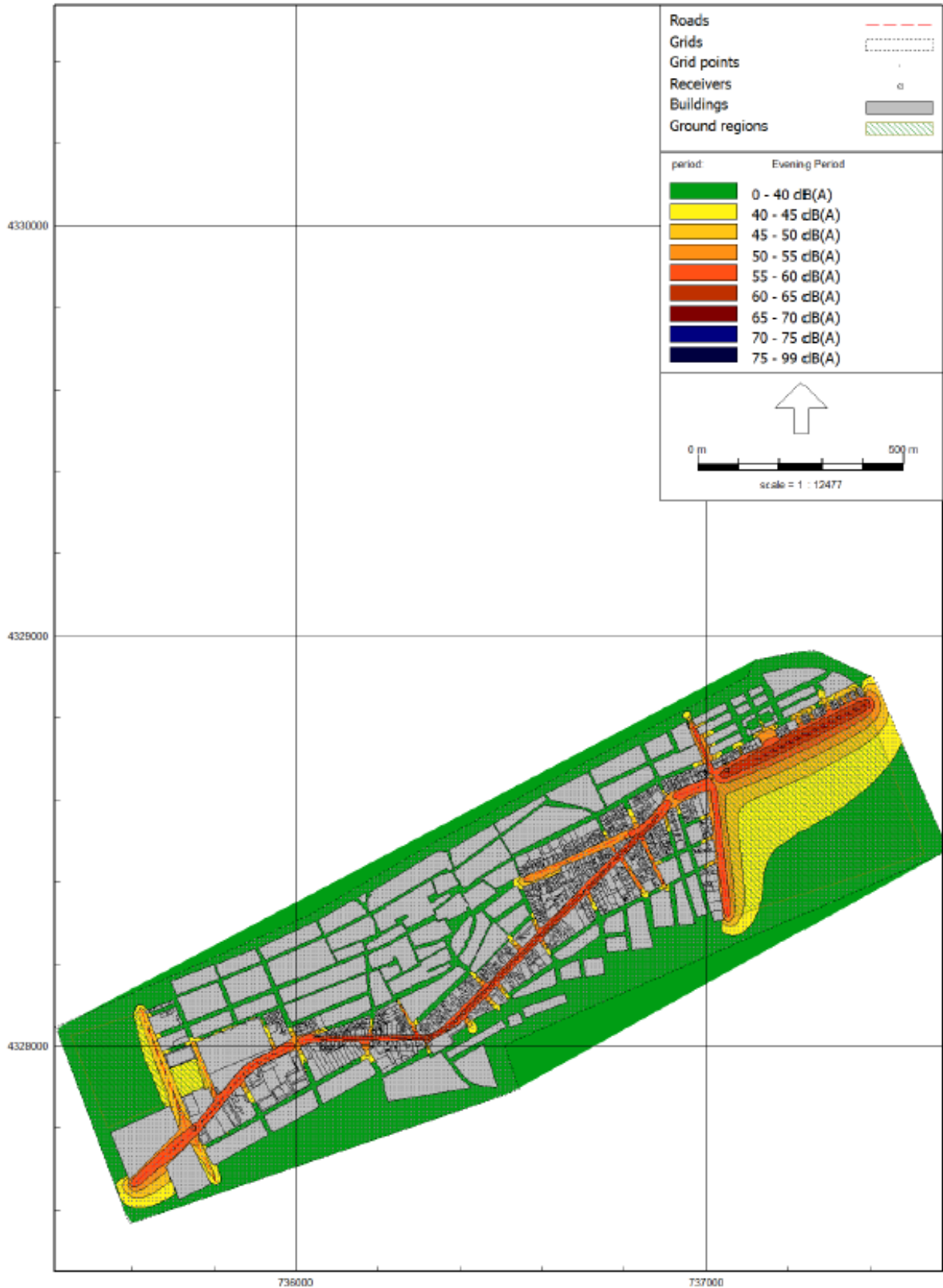


Ilustración 20. Mapa de ruido del modelo postoperacional 2 en el periodo vespertino.

En la ilustración 19, se muestran los niveles de presión sonora del modelo postoperacional 2 en el periodo nocturno.



Ilustración 21. Mapa de ruido del modelo postoperacional 2 en el periodo nocturno.

En los mapas anteriores, se reflejan los resultados expuestos en la tabla 24. Comparando los resultados con los mapas obtenidos en el modelo anterior (ilustraciones 14, 15 y 16), se percibe la disminución del nivel de ruido entre estos.

Por tanto, la propuesta de esta nueva medida sí es efectiva en cuanto a la disminución de ruido en la carretera CV-50.

8.2. CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA

Por último, hay que comprobar que los resultados obtenidos cumplan con la normativa estatal y autonómica vigente.

En la tabla 25 se presentan la comparación entre los resultados y los límites permitidos por la normativa actual durante el periodo de día.

Posiciones de medida	Periodo diurno				
	L _{Aeq} (dBA)	Real Decreto 1038/2012 (estatal)	Diferencia (dBA)	Ley 7/2002 (autonómica)	Diferencia (dBA)
Punto 1	61,6	65	-3,4	55	6,6
Punto 2	59,1	65	-5,9	55	4,1
Punto 3	63,8	65	-1,2	55	8,8
Punto 4	62,8	65	-2,2	55	7,8

Tabla 25. Comparativa entre los niveles calculados en el modelo postoperacional 2 y la normativa actual durante el periodo diurno.

En la tabla 26 se presentan la comparación entre los resultados y los límites permitidos por la normativa actual durante el periodo de tarde.

Posiciones de medida	Periodo vespertino				
	L _{Aeq} (dBA)	Real Decreto 1038/2012 (estatal)	Diferencia (dBA)	Ley 7/2002 (autonómica)	Diferencia (dBA)
Punto 1	60,6	65	-4,4	55	5,6
Punto 2	56,9	65	-8,1	55	1,9
Punto 3	61,6	65	-3,4	55	6,6
Punto 4	59,2	65	-5,8	55	4,2

Tabla 26. Comparativa entre los niveles calculados en el modelo postoperacional 2 y la normativa actual durante el periodo vespertino.

En la tabla 27 se presentan la comparación entre los resultados y los límites permitidos por la normativa actual durante el periodo de noche.

Posiciones de medida	Periodo nocturno				
	L _{Aeq} (dBA)	Real Decreto 1038/2012 (estatal)	Diferencia (dBA)	Ley 7/2002 (autonómica)	Diferencia (dBA)
Punto 1	51,2	55	-3,8	45	6,2
Punto 2	48,1	55	-6,9	45	3,1
Punto 3	53,1	55	-1,9	45	8,1
Punto 4	53,5	55	-1,5	45	8,5

Tabla 27. Comparativa entre los niveles calculados en el modelo postoperacional 2 y la normativa actual durante el periodo nocturno.

Tras la comparación con ambas normativas, se concluye que la normativa estatal se cumple en todos los puntos y periodos. En cambio, los límites de la normativa autonómica no se cumplen en ninguno.

Por tanto, la propuesta de implementación de la medida que prohíbe la circulación de vehículos pesados en la población de Tavernes de la Valldigna demuestra ser más efectiva que la propuesta del proyecto inicial. A pesar de esto, no es suficiente para cumplir con la normativa autonómica.

Como propuesta adicional a la presentada en este apartado, se podría considerar el fomento de vehículos con menor impacto acústico, como bicicletas o vehículos eléctricos. Para esta propuesta alternativa, sería necesario contar con el apoyo de campañas promovidas por el ayuntamiento, con el propósito de concienciar y sensibilizar a la población sobre este problema.

Otra propuesta podría ser realizar un cambio en el asfalto por uno fonoabsorbente, el cual reduce el ruido producido por el rozamiento de los neumáticos. También proponer la reducción del límite de velocidad de circulación, instalando radares en caso de ser necesario.

CAPÍTULO 9. CONCLUSIONES

En este trabajo, se ha llevado a cabo un estudio para conocer el impacto acústico del *Proyecto Básico de la Variante de la carretera CV-50 en Tavernes de la Valldigna y conexión con la N-332*. Para ello, se ha utilizado el método CNOSSOS-EU, considerando diversos aspectos como la clasificación de vehículos, tipos de pavimento, intersecciones, etc.

En primer lugar, se ha estudiado la situación acústica actual de la zona, confirmando que los niveles de presión sonora exceden los permitidos por la normativa tanto estatal como autonómica. Para llevar a cabo este estudio, se han identificado diferentes puntos de medida y se han llevado a cabo mediciones acústicas a lo largo de tres días, utilizando instrumentación especializada.

A continuación, se ha diseñado un modelo de predicción utilizando el software *Predictor* y los datos obtenidos del catastro, seguidamente se ha calibrado utilizando los datos obtenidos en las mediciones.

Posteriormente, tras aplicar los cambios en el caudal de vehículos indicados en el proyecto, se ha realizado la simulación del modelo postoperacional, y se ha verificado que los niveles de presión sonora no cumplen con los límites establecidos en la normativa estatal y autonómica.

Puesto que los niveles obtenidos en el modelo postoperacional no cumplen, se propone la implantación de una nueva medida para reducir los niveles acústicos: prohibir la circulación de vehículos pesados dentro de la población. Después de comprobar y analizar los resultados, se concluye que, pese a demostrarse la efectividad de la propuesta, sigue sin ser suficiente para cumplir con la normativa autonómica vigente.

Como propuesta adicional a la anterior, se plantea la posibilidad de promover el uso de vehículos con menor impacto acústico, como pueden ser las bicicletas o los vehículos eléctricos, también cambiar el asfalto por uno fonoabsorbente y reducir el límite de velocidad. De esta manera, se intenta reducir el nivel de presión sonora lo suficiente como para cumplir con la legislación autonómica.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Comisión Europea, «Glosario: Ruido». https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/es/perdida-audicion-reproductores-musica-mp3/glosario/pqrs/ruido.htm (accedido 14 de julio de 2023).
- [2] S. Sánchez Gómez, «Efectos de la contaminación acústica sobre la salud», *Revista de Salud Ambiental*, vol. 7, n.º 2, dic. 2007, pp. 175-180.
- [3] Generalitat Valenciana, «Projecte bàsic de la variant de la carretera CV-50 a Tavernes de la Valldigna i conexió amb la N-332». <https://politicaterritorial.gva.es/va/web/carreteras/projecte-basic-de-la-variant-de-la-carretera-cv-50-a-tavernes-de-la-valldigna-i-conexio-amb-la-n-332/-/documentos/P8PmUIQ8Uke8/folder/175091581> (accedido 14 de julio de 2023).
- [4] A. García Rodríguez, *La contaminación acústica*. Publicaciones de la Universidad de Valencia, 1988.
- [5] M. Alfie Cohen, O. Salinas Castillo, M. Alfie Cohen, y O. Salinas Castillo, *Estudios demográficos y urbanos*, vol. 32, n.º 1. El Colegio de México A.C., 2017. Accedido: 24 de julio de 2023. [En línea]. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-72102017000100065&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- [6] B. García Sanz y F. Javier Garrido, *La contaminación acústica en nuestras ciudades*. Fundación "La Caixa, 2003.
- [7] ICEA, «Evolución del parque nacional de vehículos».
- [8] «Ponderaciones (weightings) en frecuencia : A, B, C y Z». <https://www.doctorproaudio.com/content.php?145-ponderaciones-weightings-frecuencia-ABC> (accedido 3 de septiembre de 2023).
- [9] M. E. Casado García y Escuela de Ingenierías Edificio Tecnológico, «Redes de ponderación acústica», 2011.
- [10] AENOR, *UNE-ISO 1996. Acústica. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental*. 2020.
- [11] «DOUE» núm. 168, *Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental*. 2002, pp. 12-25.
- [12] «DOUE» núm. 189, *Directiva (UE) 2015/996 de la Comisión, de 19 de mayo de 2015, por la que se establecen métodos comunes de evaluación del ruido en virtud de la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo*. 2015, pp. 1-823.
- [13] «BOE» núm. 276, *Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido*. 2003, pp. 40494-40505.

-
- [14] «BOE» núm. 254, *Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas*. España, 2007.
- [15] «BOE» núm. 178, *Real Decreto 1038/2012, de 6 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas*. 2012, pp. 53556-53557.
- [16] «BOE» núm. 300, «Orden PCI/1319/2018, de 7 de diciembre, por la que se modifica el Anexo II del Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido, en lo referente a la evaluación del ruido ambiental.», dic. 2018.
- [17] «BOE» núm. 9, *Ley 7/2002, de 3 de diciembre, de protección contra la contaminación acústica*. 2003.
- [18] «DOGV » núm. 4901, *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*. 2004.
- [19] «DOGV » núm. 4694, *DECRETO 19/2004, de 13 de febrero, del Consell de la Generalitat, por el que se establecen normas para el control del ruido producido por los vehículos a motor*. 2004.
- [20] «DOGV » núm. 5742, *DECRETO 43/2008, de 11 de abril, del Consell, por el que se modifica el Decreto 19/2004, de 13 de febrero, del Consell, por el que se establecen normas para el control del ruido producido por los vehículos a motor, y el Decreto 104/2006, de 14 de julio, del Consell, de planificación y gestión en materia de contaminación acústica*. 2008.
- [21] *Ordenanza municipal sobre prevención de la contaminación acústica (protección de ruidos y vibraciones)*. 1997.
- [22] Comisión europea, *Guía básica de recomendaciones para la aplicación de los Métodos Comunes de Evaluación del Ruido en Europa (CNOSSOS-EU)*. Accedido: 27 de julio de 2023. [En línea]. Disponible en: https://sicaweb.cedex.es/wp-content/uploads/2022/04/20220923_CNOSSOS_rev4.pdf

ANEXOS

ANEXO I. CONDICIONES ATMOSFÉRICAS Y NIVEL DE PRESIÓN SONORA DE CADA DÍA DE MEDICIÓN.....	50
PERIODO DIURNO.....	50
PERIODO VESPERTINO.....	50
PERIODO NOCTURNO.....	51
ANEXO II. CAUDAL DE TRÁFICO CONTADO EN 15 MINUTOS PARA CADA DÍA DE MEDICIÓN	52
PERIODO DIURNO.....	52
PERIODO VESPERTINO.....	53
PERIODO NOCTURNO.....	55

ANEXO I. CONDICIONES ATMOSFÉRICAS Y NIVEL DE PRESIÓN SONORA DE CADA DÍA DE MEDICIÓN

PERIODO DIURNO

Posiciones de medida	Día	Hora de inicio	Condiciones atmosféricas			L _{Aeq}
			Humedad (%)	Viento (m/s)	T(°C)	
Punto 1	1	12:40:10	54,7	0,8	26,6	67,99
	2	17:09:53	73,2	1	22,3	69,08
	3	16:38:17	68,4	0,9	23	68,76
Punto 2	1	13:08:20	50,1	0,5	29,3	69,03
	2	17:38:56	63,6	0,6	25,4	70,28
	3	17:37:00	63,2	0	27,4	67,39
Punto 3	1	13:37:14	48,3	1,5	27,5	68,67
	2	18:10:03	64,2	0,8	24,7	70,12
	3	18:01:25	62,4	0	26,1	68,93
Punto 4	1	14:02:28	44,8	0,6	28,8	70,93
	2	18:32:07	64,5	2,1	22,8	71,27
	3	18:27:26	63,7	1	25,1	69,28

Anexo 1-1. Condiciones atmosféricas y nivel de presión sonora durante el periodo diurno para cada posición y día.

PERIODO VESPERTINO

Posiciones de medida	Día	Hora de inicio	Condiciones atmosféricas			L _{Aeq}
			Humedad (%)	Viento (m/s)	T(°C)	
Punto 1	1	20:24:50	64,5	0,8	23	67,14
	2	21:08:42	54,3	0	25,7	66,08
	3	20:14:22	65,4	0,4	26,2	68,66
Punto 2	1	20:53:17	65,8	0,9	22,6	63,13
	2	21:39:21	54,6	0	24,6	64,27
	3	19:51:51	58,9	0	25,8	68,02
Punto 3	1	21:23:04	68,3	0	22,6	66,78
	2	22:05:35	64	0	22,6	67,23
	3	19:25:50	63,8	0,6	26	68,81
Punto 4	1	21:47:12	72,8	0	21,4	66,73
	2	22:29:58	63	0	22,7	64,35
	3	19:00:38	61,1	0,8	26,6	69,26

Anexo 1-2. Condiciones atmosféricas y nivel de presión sonora durante el periodo vespertino para cada posición y día.

PERIODO NOCTURNO

Posiciones de medida	Día	Hora de inicio	Condiciones atmosféricas			L _{Aeq}
			Humedad (%)	Viento (m/s)	T(°C)	
Punto 1	1	0:08:45	64,6	0,5	21,4	55,73
	2	0:09:40	69,2	0	22,4	60,97
	3	0:22:35	66,5	0	25,2	56,86
Punto 2	1	23:45:30	64,3	0,6	21,9	59,78
	2	23:47:05	69	0,4	21,9	57,42
	3	0:02:14	79,4	0,4	20,2	58,9
Punto 3	1	23:22:27	66,3	0	22,3	59,2
	2	23:22:27	69	0	22,3	59,33
	3	23:38:25	74,6	0,7	21,3	57,71
Punto 4	1	23:03:22	72,8	0,4	20,7	62,86
	2	23:01:31	64,7	0	22,7	63,25
	3	23:17:10	77	0,6	20,9	60,13

Anexo 1-3. Condiciones atmosféricas y nivel de presión sonora durante el periodo nocturno para cada posición y día.

ANEXO II. CAUDAL DE TRÁFICO CONTADO EN 15 MINUTOS PARA CADA DÍA DE MEDICIÓN

PERIODO DIURNO

Día	Posiciones de medida	Tramo	Categorías de vehículos					
			1	2	3	4a	4b	5
1	Punto 1	1	191	30	4	3	8	0
		2	77	3	1	2	5	0
		3	37	5	0	0	0	0
		4	142	16	6	3	9	0
	Punto 2	5	183	24	4	2	12	0
		6	51	2	0	0	5	0
		7	16	2	0	0	1	0
		8	20	2	0	0	0	0
		9	5	1	0	0	0	0
	Punto 3	10	195	23	7	2	3	0
		11	6	1	0	0	0	0
	Punto 4	12	292	22	10	2	8	0
		13	1	1	0	0	0	0
		14	55	5	1	0	0	0
		15	8	1	0	0	2	0

Anexo 2-1. Caudal de tráfico en 15 minutos durante el periodo diurno en el primer día de medición.

Día	Posiciones de medida	Tramo	Categorías de vehículos					
			1	2	3	4a	4b	5
2	Punto 1	1	202	28	7	1	6	0
		2	63	0	1	2	0	0
		3	58	3	0	0	5	0
		4	188	10	6	6	4	0
	Punto 2	5	158	18	10	1	4	0
		6	28	2	0	2	3	0
		7	7	0	0	0	2	0
		8	16	0	0	0	2	0
		9	5	0	0	0	1	0
	Punto 3	10	176	15	6	0	4	0
		11	2	0	0	0	0	0
	Punto 4	12	166	14	4	1	3	0
		13	2	1	0	0	0	0
		14	17	3	0	0	0	0
		15	10	0	0	0	0	0

Anexo 2-2. Caudal de tráfico en 15 minutos durante el periodo diurno en el segundo día de medición.

Día	Posiciones de medida	Tramo	Categorías de vehículos					
			1	2	3	4a	4b	5
3	Punto 1	1	178	25	6	1	3	0
		2	35	1	0	0	0	0
		3	22	4	0	0	0	0
		4	82	7	5	0	0	0
	Punto 2	5	160	22	6	1	7	0
		6	4	2	0	0	0	0
		7	4	0	0	0	0	0
		8	12	0	0	0	0	0
	Punto 3	9	3	0	0	0	0	0
		10	179	15	6	3	3	0
	Punto 4	11	2	0	0	0	0	0
		12	180	13	0	1	2	0
		13	9	0	0	0	0	0
		14	11	1	0	0	0	0
			15	7	0	0	0	0

Anexo 2-3. Caudal de tráfico en 15 minutos durante el periodo diurno en el tercer día de medición.

PERIODO VESPERTINO

Día	Posiciones de medida	Tramo	Categorías de vehículos					
			1	2	3	4a	4b	5
1	Punto 1	1	73	3	2	0	2	0
		2	23	0	0	3	1	0
		3	41	1	0	1	1	0
		4	68	1	3	2	0	0
	Punto 2	5	88	4	0	0	1	0
		6	25	0	0	0	2	0
		7	15	1	0	2	0	0
		8	11	1	0	2	0	0
	Punto 3	9	4	0	0	0	0	0
		10	83	0	3	1	1	0
	Punto 4	11	1	0	0	0	0	0
		12	62	1	2	2	1	0
		13	2	1	0	1	0	0
		14	5	0	0	1	0	0
			15	0	0	0	0	0

Anexo 2-4. Caudal de tráfico en 15 minutos durante el periodo vespertino en el primer día de medición.

Día	Posiciones de medida	Tramo	Categorías de vehículos					
			1	2	3	4a	4b	5
2	Punto 1	1	159	4	3	1	6	0
		2	51	0	0	0	1	0
		3	52	0	1	0	3	0
		4	117	0	2	0	5	0
	Punto 2	5	56	4	2	2	1	0
		6	16	1	0	1	2	0
		7	8	0	0	1	1	0
		8	8	0	0	0	0	0
		9	4	0	0	0	0	0
	Punto 3	10	62	5	0	2	5	0
		11	0	0	0	0	1	0
	Punto 4	12	58	1	2	0	1	0
		13	1	0	0	0	0	0
		14	2	1	2	0	0	0
		15	3	0	0	0	0	0

Anexo 2-5. Caudal de tráfico en 15 minutos durante el periodo vespertino en el segundo día de medición.

Día	Posiciones de medida	Tramo	Categorías de vehículos					
			1	2	3	4a	4b	5
3	Punto 1	1	228	7	5	5	4	0
		2	39	0	0	3	1	0
		3	78	1	0	5	4	0
		4	105	2	4	3	0	0
	Punto 2	5	169	8	5	3	2	0
		6	19	1	0	0	0	0
		7	2	2	0	0	0	0
		8	10	1	0	0	0	0
		9	2	0	0	1	0	0
	Punto 3	10	180	10	5	1	3	0
		11	3	0	0	0	0	0
	Punto 4	12	155	10	5	0	3	0
		13	8	0	0	0	0	0
		14	16	1	0	0	1	0
		15	7	0	0	0	0	0

Anexo 2-6. Caudal de tráfico en 15 minutos durante el periodo vespertino en el tercer día de medición.

PERIODO NOCTURNO

Día	Posiciones de medida	Tramo	Categorías de vehículos					
			1	2	3	4a	4b	5
1	Punto 1	1	10	0	0	1	1	0
		2	2	0	0	0	0	0
		3	1	0	0	0	0	0
		4	6	0	0	0	0	0
	Punto 2	5	13	0	1	1	0	0
		6	1	0	0	0	0	0
		7	1	0	0	1	0	0
		8	0	0	0	0	0	0
		9	0	0	0	0	0	0
	Punto 3	10	10	0	1	0	1	0
		11	1	0	0	0	0	0
	Punto 4	12	29	1	1	0	0	0
		13	0	0	0	0	0	0
		14	2	0	0	0	0	0
		15	1	0	0	0	0	0

Anexo 2-7. Caudal de tráfico en 15 minutos durante el periodo nocturno en el primer día de medición.

Día	Posiciones de medida	Tramo	Categorías de vehículos					
			1	2	3	4a	4b	5
2	Punto 1	1	24	2	2	0	0	0
		2	2	0	0	0	0	0
		3	7	1	0	0	0	0
		4	15	0	2	0	0	0
	Punto 2	5	10	3	0	0	0	0
		6	3	0	0	0	0	0
		7	0	0	0	0	1	0
		8	1	0	0	0	0	0
		9	1	0	0	0	0	0
	Punto 3	10	17	0	0	1	0	0
		11	1	0	0	0	0	0
	Punto 4	12	25	3	0	2	1	0
		13	1	0	0	0	0	0
		14	4	1	0	0	0	0
		15	2	0	0	0	0	0

Anexo 2-8. Caudal de tráfico en 15 minutos durante el periodo nocturno en el segundo día de medición.

Día	Posiciones de medida	Tramo	Categorías de vehículos					
			1	2	3	4a	4b	5
3	Punto 1	1	15	0	0	0	0	0
		2	11	0	0	0	0	0
		3	10	0	0	0	0	0
		4	9	0	0	0	0	0
	Punto 2	5	16	3	0	0	1	0
		6	2	0	0	0	0	0
		7	0	0	0	0	1	0
		8	3	1	0	0	0	0
		9	2	0	0	0	0	0
	Punto 3	10	16	0	0	0	0	0
		11	2	0	0	0	0	0
	Punto 4	12	15	1	0	1	0	0
		13	3	1	0	1	0	0
		14	0	0	0	0	0	0
		15	3	0	0	0	0	0

Anexo 2-9. Caudal de tráfico en 15 minutos durante el periodo nocturno en el tercer día de medición.