

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE GANDIA

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



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



ESCUELA POLITECNICA
SUPERIOR DE GANDIA

**“Evaluación de la contaminación
acústica y utilización de detectores
radar para caracterización de niveles
acústicos generados por vehículos
pesados y ligeros en la playa de Oliva”**

TRABAJO FINAL DE GRADO

Autor/a:
Roberto Atiénzar Navarro

Tutor/a:
D. Jesús Alba Fernández
D.^a Laura Bertó Carbó

GANDIA, 2015

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero expresar mi agradecimiento, en general, a mi familia por el apoyo incondicional brindado, ellos me han hecho ver que no hay nada imposible. Estoy muy contento y me considero un privilegiado con la familia que tengo.

Gracias, en particular, a mis padres y hermanos por la educación y formación que me han dado y el mensaje transmitido: “Si luchas sin descanso triunfarás, si te esfuerzas más que todos los demás ganarás y serás el mejor, sólo debes creer en ti”.

Mi madre, Vicenta Navarro, ha estado ahí las 24 horas de los 365 días del año. Gracias, mamá, por haber estado ahí siempre que lo he necesitado.

Mención especial a mi tutor Jesús Alba Fernández por darme la oportunidad de poder realizar un proyecto de esta envergadura y sobre todo por los conocimientos, orientaciones, sugerencias y motivación prestada por llevar adelante el proyecto.

Agradezco infinitamente la colaboración, el apoyo y la ayuda recibida por Laura Bertó Carbó.

Gracias al Ayuntamiento de Oliva, en especial, a Lara Pérez, David González, Vicent Canet, Àlex Salort y Ana M^a Morell, por facilitarme la información necesaria y por la ayuda recibida.

También quiero expresar mi gratitud a mi hermano Fran Atiénzar y mi padre Paco Atiénzar y mis amigos David García y Aureli Mahiques por ayudarme en la realización de las medidas de campo.

Asimismo quiero externar mi gratitud a mi primo Rubén Torán por la ayuda prestada en la realización de las firmas acústicas de la moto.

Es de agradecer a Tonet el Fusteret y Àlex Pinyol d’Oliva esos trayectos inolvidables con bici. Así como, a Àngel Llopis por explorar nuevos mundos en las montañas de La Safor.

Durante estos 4 años de carrera me llevo amigos inolvidables como Carlos Pérez, Amàlia Gregori, Xesc Canet, Juan Bautista Talens, Pau Aguilar, Pablo Gilabert, Olga Ballester, Patricia Guarque, María Puentes, Marina Ballester, Jordi Belda, Cristina Costa, Andrea Herruzo, Diana Cañigral, Guillermo Álvarez y Jordi García. Ellos también han hecho posible este trabajo.

Quisiera aprovechar la oportunidad para agradecer a mis amigas vascas Laura Aguirre y Mónica Pérez por haberme acompañado en este camino y por haberme apoyado en todo momento desde Vitoria.

Agradecer el apoyo de mis amigos/as Paula Bernabeu, Jordi Martínez, Irene Garí, Núria Almiñana, Carla Marzal, Arnau Miró, David Guirado, Juanrra Briones, Marisa Císcar, Sara Hortolano, Anna Parra, Clara Salas, Roseta Peiró, Clàudia Llopis, Antoni Pla, Carlos Atienza, Vicent Planes, Óscar Morera, Albert Parra, Noelia Mollá, Raquel Carrión, Vicent Sebastià, Majó Salort, Jaume Romero-Nieva, Blai Gisbert, Jethro Howard y Dani Barreres.

Mis alegrías, mis triunfos y mis éxitos no son sólo de uno, sino de todo un conjunto que hemos remado en la misma dirección como un equipo de remo.

Quiero concluir diciendo que el presente trabajo no hubiera sido posible sin la colaboración de todos vosotros, mi más sincero agradecimiento por la ayuda ofrecida. A todos, muchas gracias.

RESUMEN

El presente Trabajo Fin de Grado se centra en el ámbito de la acústica medioambiental. Trata de evaluar y, en caso de ser necesario, dar solución al problema de la contaminación acústica en la playa de Oliva. Se realiza un estudio acústico con el fin de evaluar la contaminación acústica provocada por el tráfico rodado en la zona a estudio. Para ello, como punto de partida, se llevarán a cabo una serie de medidas de campo que definirán la situación acústica de la zona en estado inicial, se plantearán una serie de medidas correctoras y se evaluará, mediante métodos de simulación, el efecto de las mismas sobre la zona a estudio. El trabajo de campo se llevará a cabo en dos campañas: verano e invierno. Los datos obtenidos se compararán con los registrados hace diez años para determinar si la contaminación acústica ha aumentado o disminuido. Obtenidos los resultados, se evaluará el cumplimiento o no de la Ley 7/2002, de 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana, de Protección contra la Contaminación Acústica. Finalmente, se evalúa el comportamiento acústico de una motocicleta, con la finalidad de obtener un modelo de comportamiento propio de dicha motocicleta.

Palabras clave: contaminación acústica, tráfico rodado, mapa acústico, salud y ruido.

ABSTRACT

This Final Degree Project focuses on the acoustic environmental area in order to assess and to fix the problem of noise pollution at Oliva beach when necessary. Such Project has been carried out aimed to evaluate the noise pollution caused by vehicular traffic in the study. To deal with it, as a starting point, a series of field measurements were taken which may define the acoustic situation in the area in its initial state. Moreover, many corrective measures will be planned. Through simulation methods such corrective measures will be evaluated over their effects on the study area. Fieldwork was taken place along two seasons: summer and winter. Data obtained were compared to those recorded ten years before to determine whether the noise pollution has increased or decreased. Results gathered were analyzed, and then evaluated to be in compliance or not with the Law 7/2002, 3rd December, Generalitat Valenciana, Protection against noise pollution. Finally, the acoustic behavior of a motorcycle was assessed in order to get my own behavioral model of such motorcycle.

Keywords: noise pollution, road traffic, acoustic map, health and noise.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	5
1.1. <i>OBJETIVO</i>	5
2. NORMATIVA Y LEGISLACIÓN APLICABLE	6
3. MEDIDAS DE CAMPO	12
3.1. <i>INSTRUMENTACIÓN EMPLEADA</i>	12
3.2. <i>DESCRIPCIÓN DEL MONTAJE EXPERIMENTAL</i>	13
3.3. <i>IDENTIFICACIÓN DE LAS PRINCIPALES FUENTES DE RUIDO</i>	13
3.4. <i>SITUACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDIDA</i>	15
3.5. <i>RESULTADOS DE LAS MEDICIONES IN SITU</i>	20
4. ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y COMPARATIVA CON AÑOS ANTERIORES.	28
5. DISEÑO DEL MODELO DE PREDICCIÓN	30
5.1. <i>MODELO DE CÁLCULO Y SOFTWARE DE PREDICCIÓN EMPLEADO</i>	30
5.2. <i>MÉTODO DE COMPROBACIÓN DEL MODELO</i>	31
6. PLANTEAMIENTO DE MEDIDAS CORRECTORAS	32
7. ESTADO POST-OERACIONAL TRAS LA APLICACIÓN DE MEDIDAS CORRECTORAS	38
8. MODELO ACÚSTICO DE UNA MOTOCICLETA	39
8.1. <i>INTRODUCCIÓN</i>	39
8.2. <i>DESCRIPCIÓN DE LA MOTOCICLETA</i>	39
8.3. <i>DETALLES DE LAS MEDICIONES IN SITU</i>	39
8.4. <i>ANÁLISIS DE LAS MEDIDAS EXPERIMENTALES</i>	40
8.5. <i>ESTADO DE VELOCIDAD CONSTANTE</i>	46
9. CONCLUSIONES	49
REFERENCIAS	50
ANEXO 1: REGISTRO FOTOGRÁFICO	51
ANEXO 2: NIVELES DE RUIDO REGISTRADOS <i>IN SITU</i>. MAPA DE BOTONES	69
ANEXO 3: MAPAS SONOROS MEDIANTE EL SOFTWARE PREDICTOR	88

1. INTRODUCCIÓN

Se entiende por ruido como todo aquel sonido de carácter desagradable que puede originar determinados efectos fisiológicos o psicológicos sobre la vida de las personas como la pérdida de audición, el insomnio, el estrés, la agresividad, la histeria, la fatiga y el aislamiento social. Además, destacar la aparición de trastornos cardiovasculares graves como los infartos de miocardio, la hipertensión y tumores. Es decir, hay una gran cantidad de efectos no auditivos producidos por el ruido. Se puede decir que el ruido empeora la salud de los ciudadanos. El ruido es un problema de salud y se mide en decibelios (dB).

A lo largo de los años, debido sobre todo a la actividad humana, el ruido ambiental ha ido aumentando. Según la OMS (Organización Mundial de la Salud) estima como límite superior deseable 65 dB [1]. Niveles superiores a dicho valor se considerarán inaceptables ya que pueden provocar daños irreparables en la salud humana.

Actualmente, la contaminación acústica es uno de los grandes problemas medioambientales más graves que existen y puede provocar una alteración en la calidad de vida de los ciudadanos, es decir, debido al ruido y a las vibraciones pueden estar ligados a determinadas dolencias.

La mayor parte de la contaminación acústica que se origina en las playas de Oliva procede del tráfico rodado. La otra parte proviene de las zonas de ocio (pubs, bares, restaurantes, verbenas, autocine de verano etc.), ruidos originados por los animales (perros, aves etc.), ruidos que derivan de vehículos contratados por el Ayuntamiento de Oliva (como el camión de basura, vehículos de limpieza de calles etc.) y ruidos producidos por actividades domésticas llevadas a cabo por los vecinos donde se puede distinguir entre:

- Ruido producido por los aparatos de música, televisión, ordenadores etc.
- Ruido de impacto como la caída de objetos, saltar sobre el piso, uso del taladro etc.
- Ruido proveniente de los electrodomésticos como la lavadora, el microondas etc.
- Ruido producido por las instalaciones de calefacción y aire acondicionado.
- Ruido originado al abrir puertas, tocar timbres etc.

1.1. OBJETIVO

Uno de los objetivos del presente estudio consiste en realizar un estudio acústico de la playa de Oliva en las campañas de verano e invierno, y comparar los resultados obtenidos con aquellos que se obtuvieron hace 10 años. Mediante esta comparación se podrá ver si la contaminación acústica ha aumentado o disminuido con el paso de los años.

Por otra parte, con el fin de obtener un modelo de comportamiento propio de la motocicleta, se evalúa el comportamiento de ésta, dado que la motocicleta es el vehículo ligero más utilizado en la playa.

Una vez visto el objetivo que abarca el presente trabajo se abordará la legislación existente.

2. NORMATIVA Y LEGISLACIÓN APLICABLE

Para la realización del presente estudio acústico se ha tenido en cuenta la normativa y la legislación vigente referente al ruido ambiental. Por tanto, se va a explicar tanto la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo como las normativas y/u ordenanzas a nivel estatal y a nivel de la Comunidad Valenciana. Finalmente, se detallará la nueva ordenanza Municipal de Oliva, de 26 de febrero de 2015, Reguladora de la Emisión y Recepción de Ruidos y Vibraciones.

En primer lugar se citarán los aspectos más importantes de la Legislación Europea:

- **Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental.**

El objeto de esta directiva se centra en combatir el ruido presente en los parques públicos, áreas urbanizadas, áreas tranquilas en una aglomeración u otras áreas en campo abierto, en los alrededores de los hospitales, escuelas y otros edificios sensibles al ruido.

El ámbito de aplicación de la presente Directiva viene definido en su artículo 2, destacar que no abarca los casos donde el ruido es originado por la propia persona expuesta, por los vecinos, por diversas actividades domésticas, en interiores de medios de transporte y en actividades militares dentro de áreas militares.

Finalmente, destacar que las medidas de ruido deben de llevarse a cabo a partir de una altura de cuatro metros sobre el suelo y una distancia de dos metros respecto a la fachada. Pero, si dichas mediciones tienen como fin estudiar la exposición al ruido tanto en el interior, como en las proximidades de los edificios, podrán elegirse otras alturas, siendo éstas no inferiores a 1,5 metros respecto al nivel del suelo, por tanto, los resultados se corregirán de acuerdo con una altura equivalente a cuatro metros [2].

En segundo lugar, se procederá a la descripción general de las normativas y/u ordenanzas estatales:

- **Ley 37/2003 de 17 de noviembre, del Ruido.**

La presente ley tiene como propósito disminuir, prevenir y vigilar la contaminación acústica¹ con el objetivo principal de mitigar los problemas o daños causados en la salud humana, el medio ambiente o los bienes.

Se puede considerar el ruido ambiental² como un producto de varios emisores sonoros con lo que conlleva a generar unos niveles de contaminación acústica muy poco recomendables desde la óptica del bienestar, de la sanidad y de la productividad.

¹ La **Ley 37/2003** define contaminación acústica como: “*La presencia en el ambiente de ruido o vibraciones, cualquiera que sea el emisor acústico que los origine, que impliquen molestia, riesgo o daño para las personas, para el desarrollo de sus actividades o para los bienes de cualquier naturaleza, incluso cuando su efecto sea perturbar el disfrute de los sonidos de origen natural o que causen efectos significativos sobre el medio ambiente*”.

Hasta la presente ley no se disponía de una norma general de regulación del ruido de ámbito estatal, por tanto, previa a esta ley, la normativa vinculada con la contaminación acústica viene recogida, por una parte, en las previsiones de la normativa civil en lo que respecta a las relaciones de vecindad y en materia de causar perjuicios y, por otra parte, en la normativa referente a los límites de los niveles de ruido en el ambiente de trabajo, en las disposiciones técnicas en cuanto a la homologación de productos y en las ordenanzas municipales.

Con respecto al ámbito de aplicación, todos los emisores acústicos se registrarán por las prescripciones que engloba esta Ley, tanto los de titularidad pública o privada y, también, las edificaciones en calidad de receptores acústicos.

Dicho esto, quedan descartados de este ámbito las labores domésticas y cualquier comportamiento de vecinos siempre y cuando la contaminación acústica producida por éstos esté dentro de ciertos límites tolerables de acuerdo con la ordenanza municipal. Tampoco abarca esta Ley las actividades militares ni la actividad laboral que se registrará por lo establecido en la legislación laboral [3].

Las principales áreas acústicas que abarca esta ley son las siguientes:

- a) Territorios en los que predominen suelos de uso residencial.
 - b) Territorios en los cuales predominen suelos de uso industrial.
 - c) Territorios donde predominen suelos de uso recreativo y de espectáculos.
 - d) Territorios en los que predominen suelos de uso terciario.
 - e) Territorios donde predominen suelos de uso cultural, docente y sanitario en cuyos casos requieran una protección especial contra la contaminación acústica.
 - f) Afectados a infraestructuras denominado servidumbres acústicas.
 - g) Protección especial en los parajes naturales que necesiten una especial protección.
- **RD 1367/2007 de 19 de octubre.**

El presente Real Decreto tiene por objeto establecer las normas necesarias para elaborar y efectuar la **Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido** con respecto a la zonificación acústica de calidad y emisiones acústicas [4].

Se presentan, a continuación, las principales áreas acústicas recogidas por este Real Decreto:

- a) Áreas territoriales de uso residencial como edificios, zonas privadas con jardines, parques urbanos, jardines etc.

² La **Ley 37/2003** define el ruido ambiental como: “*Un sonido exterior no deseado o nocivo generado por la actividad humana, incluido el ruido emitido por los medios de transporte, por el tráfico rodado, ferroviario y aéreo y por emplazamientos de actividades industriales*”.

- b) Áreas territoriales de uso industrial como las actividades logísticas, almacenes, plantas de producción etc.
- c) Áreas territoriales de uso recreativo y de espectáculos como parques temáticos, recintos feriales, estadios de fútbol con asistencia de público etc.
- d) Áreas con actividades terciarias distintas al punto C como oficinas, hostelería, alojamiento etc.
- e) Áreas de uso sanitario, docente y cultural (protegidas) como los campus universitarios, museos, bibliotecas etc.

Acto seguido, se presentan los índices de ruido en función de las diferentes áreas acústicas:

Tipo de área acústica		Índices de ruido (dB(A))		
		Lday	Levening	Lnight
E	Sanitario, docente y cultural	60	60	50
A	Residencial	65	65	55
D	Terciario	70	70	65
C	Recreativo y espectáculos	73	73	63
B	Industrial	75	75	65
F	Infraestructuras de transporte	Sin determinar		

Tabla 1. Índices de ruido a nivel estatal en función del tipo de área acústica. **Fuente:** Normativa estatal.

Como se puede observar en la **Tabla 1** se tiene Ld, Le y Ln. Estos índices se usan para la evaluación y gestión del ruido ambiental, concretamente Ld (día, 12 horas, de 7.00-19.00), Le (tarde, 4 horas, 19.00-23.00) y Ln (noche, 8 horas, 23.00-7.00).

El promedio (24 horas) de los tres parámetros da lugar al nivel equivalente Lden (día-tarde-noche), los niveles de ruido se medirán y expresarán en decibelios con ponderación normalizada A, expresada en siglas como dB(A) y se puede calcular la definición del índice de ruido día-tarde-noche mediante el uso de la siguiente expresión matemática:

$$L_{den} = 10 * \text{Log}_{10} \left(\frac{1}{24} \right) * \left(12 * 10 * \frac{L_{day}}{10} + 4 * 10 * \left(\frac{(L_{evening} + 5)}{10} \right) + 8 * 10 * \left(\frac{(L_{night} + 10)}{10} \right) \right)$$

- **RD 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003.**

El presente Real Decreto tiene como objeto el desarrollo de **la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido** relativo a la gestión y la evaluación del ruido ambiental.

Se establecerá un marco básico con el objetivo principal de prevenir, disminuir y evitar los efectos nocivos producidos debido a la exposición de los ciudadanos al ruido ambiental [5].

El ámbito de aplicación del presente Real Decreto es el mismo que el mencionado en la **Ley 37/2003 de 17 de noviembre, del Ruido**.

En tercer lugar, se procederá a la descripción general de las normativas y/u ordenanzas de la Comunidad Valenciana:

- **Ley 7/2002, de 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana, de Protección contra la Contaminación Acústica.**

La presente Ley tiene como propósito la protección, precaución y corrección de la contaminación acústica en la Comunidad Valenciana con el objetivo de preservar la salud de los habitantes y proceder a la mejora en calidad del medio ambiente [6].

La validez de la presente Ley está limitada a la Comunidad Valenciana y el ámbito de aplicación abarca todo aquello que pueda causar molestias a las personas, producir riesgos para la salud o bienestar de los ciudadanos o deteriorar la calidad del medio ambiente.

A diferencia de la ley estatal expuesta anteriormente, la presente Ley es más restrictiva con los índices de ruido y, de acuerdo con esta Ley, se entiende por horario diurno el periodo comprendido entre las 8.00 y 22.00 horas y por horario nocturno el periodo comprendido entre las 22.00 y 8.00 horas del día siguiente.

En cuanto a las mediciones y evaluación de niveles se tendrá que los niveles de ruido se medirán y expresarán en decibelios con ponderación normalizada A, expresada en siglas como dB(A).

A continuación, se presentan los índices de ruido en función de las diferentes áreas acústicas:

Tipo de área acústica	Índices de ruido (dB(A))	
	Día	Noche
Sanitario y docente	45	35
Residencial	55	45
Terciario	65	55
Industrial	70	60

Tabla 2. Índice de ruido a nivel autonómico en función del tipo de área acústica. **Fuente:** Normativa autonómica.

- **Decreto GV 266/2004, de 3 de diciembre, Contaminación Acústica Instalaciones.**

El presente Decreto tiene por objeto llevar a cabo los contenidos expuestos en la **Ley 7/2002, de 3 de diciembre, de la Generalitat, de Protección contra la Contaminación Acústica**, además, fija tanto los distintos mecanismos para controlar el ruido originado en actividades, instalaciones, edificaciones, obras y servicios como los procedimientos de evaluación y las limitaciones.

La Comunidad Valenciana se regirá por este Decreto. El ámbito de aplicación recoge todo tipo de actividad, edificación, obra, instalación o, más generalmente, todo aquello que sea capaz de producir una serie de niveles sonoros y/o vibraciones cuyos efectos puedan producir molestias a los ciudadanos, generar riesgos para su salud o bienestar o mermar la calidad acústica del medio ambiente [7].

Este Decreto no tiene en cuenta, dentro del ámbito de aplicación, ni las actividades militares (se regirán por su propia legislación), ni las actividades laborales referentes a la contaminación acústica (se regirán por la legislación laboral) y ni los vehículos a motor (se regirán por el **Decreto 19/2004, de 13 de febrero, del Consell de la Generalitat**).

No viene establecido el nivel sonoro máximo que una instalación o cualquier actividad puede emitir. Pero sí viene considerado en el Decreto el nivel sonoro que puede transmitir a un receptor cercano ya sea una actividad u instalación (de forma individual). Por tanto, solamente es fijado el nivel sonoro máximo de recepción.

Finalmente, se fijan y se regulan las auditorías acústicas que tienen que realizar cada una de las actividades comerciales, industriales o cualquier servicio que pueda causar alguna vibración o ruido.

- **Decreto 104/2006, de 14 de julio, del Consell, de planificación y gestión en materia de contaminación acústica.**

El objeto del presente Decreto se centra en determinar las técnicas de evaluación de los diferentes emisores acústicos de acuerdo con la **Ley 7/2002, de 3 de diciembre, de la Generalitat, de Protección Contra la Contaminación Acústica** y, además, se encarga de regular los diversos instrumentos de planificación y gestión acústica como la realización de los Planes Acústicos Municipales. Este Decreto sólo tiene validez en el ámbito de la Comunidad Valenciana.

Finalmente, se llevan a cabo las técnicas para la proclamación de Zonas Acústicamente Saturadas (ZAS) por medio del Ayuntamiento y los Planes de Mejora de la Calidad Acústica de las Infraestructuras de Transporte por parte de los miembros gestores [8].

- **Ordenanza Municipal, de 26 de febrero de 2015, Reguladora de la Emisión y Recepción de Ruidos y Vibraciones.**

La reciente Ordenanza tiene por objeto proteger a los ciudadanos contra cualquier tipo de agresión acústica procedente tanto de ruidos como de vibraciones. El ámbito de aplicación abarca todas las actividades, industrias, instalaciones y, en definitiva, cualquier actividad que pueda ocasionar cierto malestar a los habitantes de la población de Oliva [9].

El Ayuntamiento de Oliva tiene la obligación de desempeñar el cumplimiento de la presente Ordenanza, por tanto, ha de exigir la adopción de las medidas correctoras necesarias, marcar cuales son las limitaciones, llevar a cabo las inspecciones que sean necesarias y, en caso de incumplimiento, realizar las sanciones adecuadas en cada caso.

La presente Ordenanza es de obligatorio cumplimiento para todas aquellas actividades, industrias, obras etc. autorizadas después de la entrada en vigor de la Ordenanza Municipal de Oliva.

Por el contrario, aquellas actividades, obras etc. iniciadas antes de la entrada en vigor de esta Ordenanza, la adaptación a las normas se llevará a cabo a partir de lo acordado en las Disposiciones Transitorias.

Los niveles de ruido emitidos por el tráfico rodado en la población de Oliva serán interpretados de acuerdo con los niveles expuestos en la Ley 7/2002, de 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana de Protección contra la Contaminación Acústica o norma que la sustituya.

Con respecto a la regulación del ruido de tráfico se extrae de la Ordenanza Municipal que cualquier vehículo a motor debe tener en buen estado el motor, la carrocería y cualquier elemento que pueda provocar ruido como los dispositivos de música, con el fin único de que cuando los vehículos ligeros y pesados estén circulando o en una parada cumplan con los límites legales estipulados en la Ordenanza.

En cuanto a las prohibiciones se tienen las siguientes:

- a) Está totalmente prohibido el uso de vehículos, por parte de los ciudadanos, con el denominado “escape libre” o silenciadores inadecuados.
- b) Queda prohibido el forzamiento de las marchas con el fin de producir aceleraciones innecesarias y provocar ruidos molestos.
- c) No se puede dar vueltas con los vehículos por las manzanas con el único fin de molestar al vecindario.
- d) Está totalmente prohibido el uso de equipos de música dentro de los vehículos si se superan los límites establecidos por la Ley 7/2002, de 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana de Protección contra la Contaminación Acústica o norma que la sustituya.
- e) Las bocinas, dentro del casco urbano, están totalmente prohibidas excepto que se trate de un caso urgente como de peligro de atropello o los servicios públicos (Ambulancias, Bomberos y Policía).

De acuerdo con la presente Ordenanza el día se divide en diurno y nocturno. El periodo diurno abarca desde 8.00 h de la mañana hasta las 22.00 h de la noche, mientras que el periodo nocturno abarca desde las 22.00 h de la noche hasta las 8.00 h de la mañana del día siguiente. Por tanto, cualquier tipo de vibración y ruido se considerarán que son diurnos o nocturnos dependiendo de cuando se lleven a cabo las emisiones de ruido o transmisión de vibraciones.

Este proyecto se rige por la normativa y/u ordenanzas de la Comunidad Valenciana ya que la ciudad de Oliva, en materia de contaminación acústica, dispone de una reciente Ordenanza Municipal que se apoya en la Ley 7/2002, de 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana de Protección contra la Contaminación Acústica o norma que la sustituya.

El proceso, las características, la metodología de medida y la representación de los datos obtenidos en el presente estudio *in situ* se realizaron siguiendo las especificaciones marcadas en la **Norma UNE-EN ISO 1996-1:2005, UNE-EN ISO 1996-2:2009** de “Descripción y medición de ruido ambiental” [10] [11].

Una vez analizada la legislación aplicable, en el siguiente apartado se procederá a describir las medidas de campo.

3. MEDIDAS DE CAMPO

3.1. INSTRUMENTACIÓN EMPLEADA

Para la realización de las medidas de campo se requiere de la presencia de instrumentación adecuada.

El nivel de emisión sonora será medido a partir del nivel de presión sonora equivalente ponderado A, en decibelios y expresado en siglas como L_{Aeq} . La escala de ponderación A es la que simula, a niveles de bajas frecuencias, la respuesta del oído humano.

A continuación, se detalla la lista de materiales empleados para la medición objetiva del ruido.

- Micrófono Tipo 4189 omnidireccional con rango dinámico con ponderación A de 16,6 dB a 140 dB y rango de frecuencias lineal de 4,2 Hz a 22,4 kHz.
- Sonómetro Brüel-Kjaer 2250: Dispone de varios módulos de funcionamiento con certificado de verificación periódica en vigor.
- Calibrador sonoro Brüel & Kjaer (1 kHz, 94 dB). Modelo 4231 y es de Clase 1 y Tipo 1.
- Predictor V7.10: Software de simulación y elaboración de mapas acústicos.
- BZ5503: Software para la descarga de datos procedentes del sonómetro y para la exportación a una hoja de cálculo de Microsoft Excel.
- Autodesk AutoCAD 2016: Software de diseño para obtener las diversas capas de la playa de Oliva que se importarán a Predictor.
- Pantalla anti-viento esférica UA-1650 90 mm Windscreen con detección automática para el sonómetro Brüel-Kjaer 2250.
- Anemómetro Testo 410-2 para la medida *in situ* de la temperatura, humedad relativa y velocidad del viento en el punto de medición correspondiente.
- Trípode Manfrotto 7322yB para la sujeción del sonómetro Brüel-Kjaer 2250.
- Cámara digital fotográfica Smart Camera WB800F marca Samsung para la captura de instantáneas.
- Radar de velocidad Modelo 1270-GVPD y equipamiento informático necesario.

Después de haber visto los materiales empleados, se describirá, a continuación, el montaje experimental.

3.2. DESCRIPCIÓN DEL MONTAJE EXPERIMENTAL

El primer lugar, el sonómetro se sujetará al trípode y se verificará la calibración del micrófono Tipo 4189 de acuerdo con las indicaciones que aparezcan en la pantalla del sonómetro antes de realizar las mediciones. Para ello se utilizará un calibrador de 94 dB a 1 kHz.

Para la medición de tráfico se configurará el sonómetro con el módulo de analizador de frecuencias avanzado y para el registro de la “firma acústica” de la motocicleta se usará el módulo de registro.

En la siguiente imagen se muestra el sonómetro utilizado:



Figura 1. Sonómetro B&K 2250. **Fuente:** Manual de usuario del propio sonómetro [12].

Visto el montaje experimental se procederá a analizar las principales fuentes emisoras de ruido en la playa de Oliva.

3.3. IDENTIFICACIÓN DE LAS PRINCIPALES FUENTES DE RUIDO

La principal fuente de ruido que predomina en las playas de Oliva día y noche es la del tráfico rodado procedente de las carreteras principales (ver **Fig. 2**). No existe tráfico ferroviario, tráfico aéreo, o tráfico que proceda de carreteras de otros municipios ni lugares donde haya actividad industrial.

Un alto porcentaje de la contaminación acústica que existe a día de hoy en las distintas playas de Oliva procede de los vehículos ligeros, sobre todo coches y motocicletas. Se puede afirmar que el principal foco de ruido que afecta al núcleo de población residente en la playa procede del tráfico vehicular. Además, en verano se tiene otro foco importante de ruido procedente de los chiringuitos situados en la arena de la playa junto con los coches-discoteca situados cerca de éstos. Por tanto, este exceso de ruido, sobre todo durante las horas de descanso, provoca un gran malestar entre los vecinos y veraneantes, cuya actitud se ha puesto de manifiesto mediante quejas y denuncias realizadas al Ayuntamiento de Oliva.

Las principales fuentes de ruido de tráfico rodado son:

- **Avinguda dels Llauradors:** En la época estival, esta carretera, presenta un volumen de tráfico elevado, sobre todo para acceder, entre otros lugares, al Club Náutico y al Camping Kikopark.
- **Vía de Ronda:** Es la carretera que atraviesa el núcleo urbano de la playa de Oliva. El tráfico es elevado, con una intensidad media de 680 vehículos/hora en la campaña veraniega y de 160 vehículos/hora en la campaña invernal aproximadamente durante el día.
- **Paseo de Oliva al Mar:** Es la carretera que conecta el pueblo con la playa. El tráfico es muy elevado, con una intensidad media de 1.400 vehículos/hora en la campaña veraniega y de 420 vehículos/hora en la campaña invernal aproximadamente durante el día.

De facto, en la campaña estival, en la zona marcada de color morado en la **Fig. 2**, se puede confirmar que, en días festivos y en fines de semana, el tráfico rodado es superior que en días laborables. Mientras que en la época invernal pasa todo lo contrario, el tráfico rodado es superior en los días laborables que en fines de semana.

En la siguiente fotografía se puede observar la localización de las carreteras con mayor ruido de tráfico rodado:

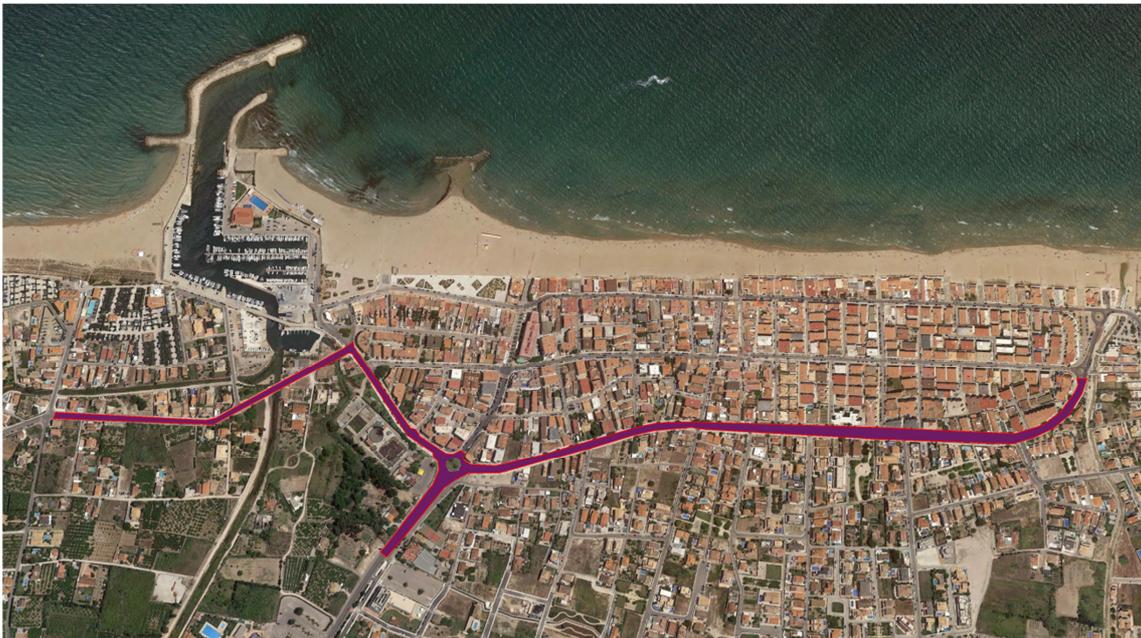


Figura 2. Muestra las carreteras con mayor ruido de la playa de Oliva. **Fuente:** Elaboración propia.

Hay que destacar tres tipos de ruido que producen los vehículos: ruido mecánico, ruido de rodadura y ruido aerodinámico.

- **Ruido mecánico:** Tipo de ruido originado en el motor y en los distintos elementos mecánicos. Al contrario que el ruido aerodinámico, este ruido predomina cuando el

vehículo circula a una velocidad baja. Teniendo en cuenta que el límite de velocidad en la entrada de la playa de Oliva está a 50 km/h, el ruido predominante será mecánico [13].

- **Ruido de rodadura:** Tipo de ruido originado por el contacto del neumático con la calzada. Depende, en gran medida, del tipo de neumático usado en el vehículo y la calzada por el cual circule. La calzada que hay en la playa de Oliva no absorbe el ruido, por tanto este se refleja. Además al haber baches y badenes se produce una transmisión de vibraciones al interior del vehículo y también provoca las pertinentes aceleraciones y desaceleraciones. El ruido de rodadura se nota más en la época estival debido al aumento de temperatura de los neumáticos que hace que el aire se expanda y aumente la presión de los mismos [13].

Por último, destacar que, en días lluviosos, las carreteras de la playa (el tipo de pavimento es considerado asfalto convencional) no drenan bien, por tanto se produce una acumulación de agua y eso conlleva un aumento de ruido considerable.

- **Ruido aerodinámico:** Tipo de ruido que surge cuando el coche va a gran velocidad produciendo una importante fricción del aire con el vehículo. Se puede decir que este ruido depende de la carrocería del vehículo ligero o pesado. Este tipo de ruido será el menos predominante debido a los límites de velocidad expuestos por la DGT en la playa [13].

Después de haber identificado las principales fuentes de ruido en la playa se estudiará la localización de los puntos de medida.

3.4. SITUACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDIDA

Primeramente, se va a comenzar describiendo la metodología de trabajo y las distintas zonas en las que se ha dividido la playa para llevar a cabo el estudio acústico.

- **Metodología de trabajo:**

Antes de iniciar las mediciones se recopiló información de distinta índole para el correcto desarrollo de este estudio. Entre la información recopilada, se encuentra la siguiente:

- Planos de la playa de Oliva, con la siguiente información:
 - Edificios y su altura.
 - Carreteras principales.
 - Zonas verdes.
- Normativa y legislación vigente a nivel estatal, autonómico y municipal.
- Localización de los puntos de medición en la playa de Oliva.

- **Zona I: Playa Terranova-Burguera:**

La primera playa sometida a estudio es la **Playa Terranova-Burguera** situada al norte del tramo costero de Oliva, concretamente limita por la costa norte con Piles y por la costa sud

limita con el Club Náutico de Oliva. Es una playa semiurbana con coordenadas: latitud y longitud: 38°55'58.3"N y 0°05'51.0"W.

Es una zona poco frecuentada en invierno y la mayor parte está rodeada de cultivos cítricos, ecosistemas dunares y solares. En la época estival esta zona es más transitada por los turistas y por la gente de Oliva debido a que, entre otras cosas, en esta zona se encuentra el Camping Kikopark (señalada en rojo en la **Fig. 3**), el Club Náutico (marcado en amarillo en la **Fig. 3**), el restaurante Kiko Port (destacada en azul en la **Fig. 3**) y algún chiringuito [14] [15].

Este sector de playa se está modernizando, es decir, se están construyendo cada vez más casas y bloques de pisos aprovechando los solares que existen por el término. Este hecho, también ha ayudado a la gente a pasar con su vehículo por estas zonas. La zona de estudio abarca una distancia de 1.750 metros que corresponde con el Sector 19, el Sector 16 y la zona del Kiko.



Figura 3. Vista aérea Playa Terranova-Burguera. **Fuente:** Elaboración propia.

▪ **Zona II: Playa Pau-Pi:**

La segunda playa sujeta a estudio es la **Playa Pau-Pi** situada al sud del Club Náutico de Oliva. Las coordenadas: latitud y longitud: 38°55'47.1"N y 0°05'36.6"W. Es un entorno plenamente urbano y con gran nivel de ocupación (ver **Fig. 4**). Es la zona con mayor tradición turística.

En la **Fig. 4** se ha marcado de color amarillo la posición de la EDAR (Estación Depuradora de Aguas Residuales), de color naranja la posición de la feria para niños (situada ahí durante todo el periodo estival) y de color azul la posición de los locales nocturnos [14] [15].

La parte más crítica de la playa de Oliva se localiza en esta zona, concretamente, entre la depuradora y el restaurante L'Ancora. Los vecinos están sometidos a altos niveles de contaminación acústica y ambiental. La zona de estudio abarca una distancia de 1.400 metros.



Figura 4. Vista aérea Playa Pau-Pi. **Fuente:** Elaboración propia.

▪ **Zona III: Playa Aigua Blanca:**

La tercera playa bajo estudio es la **Playa Aigua Blanca** situada junto a la desembocadura de la Sèquia Mare. Las coordenadas: latitud y longitud: $38^{\circ}55'19.2''N$ y $0^{\circ}05'05.3''W$. Es un entorno medianamente urbano bordeado por ecosistemas dunares y cultivos cítricos [14] [15].

Es una zona tranquila, excepto en la carretera Aigua Blanca (indicado en rojo y morado en la **Fig. 5**) por donde circula la mayor parte de vehículos a motor. En esta zona objeto de estudio no se han presenciado vehículos pesados, rara vez circularán por este sector ya que es una zona completamente residencial.

Por último, se debe de destacar la presencia de los pubs enfrente de la Sèquia Mare y del restaurante Soqueta (destacado en amarillo en la **Fig. 5**). Además, la Sèquia Mare lleva agua en la época invernal y rara vez en la época estival. La zona de estudio abarca una distancia de 1.200 metros que corresponde con la zona Aigua Blanca y Sector 5.

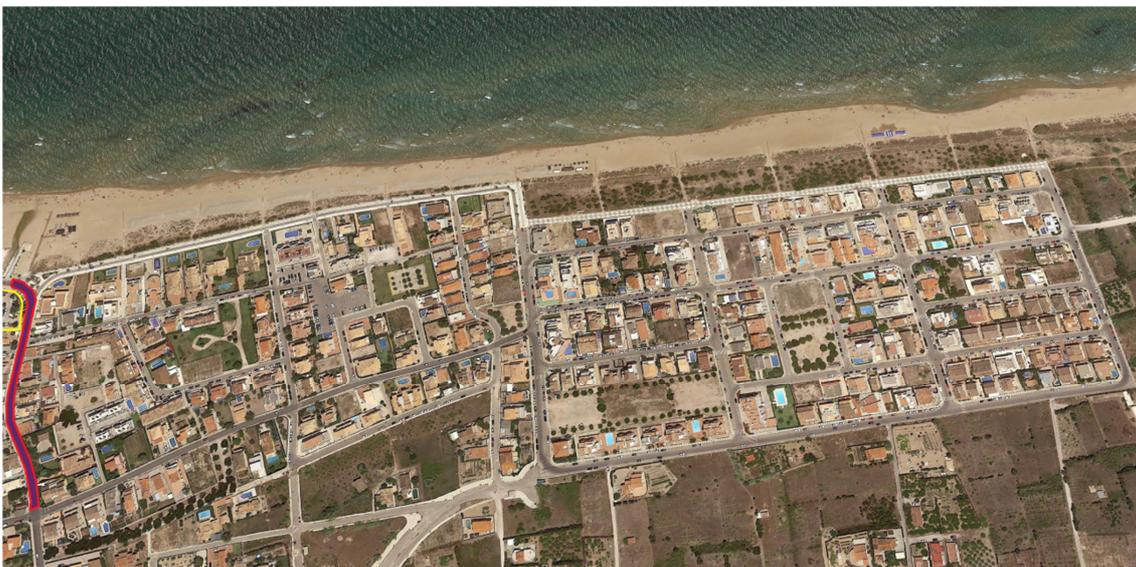


Figura 5. Vista aérea Playa Aigua Blanca. **Fuente:** Elaboración propia.

Por consiguiente, teniendo ya una visión global de las distintas zonas de la playa de Oliva se procede a detallar la elección de los puntos de medida. Es muy conveniente, a la hora de elegir la posición del sonómetro, conocer de primera mano cuales son los puntos más conflictivos de las distintas zonas.

Por tanto, se creyó oportuno disponer de un total de 18 puntos de medida representativos (atísbese el mapa de puntos del **Anexo 2-“Niveles de ruido registrados *in situ*. Mapas de Botones”**). Estos se encuentran localizados en los sitios más estratégicos, es decir, en aquellos lugares de la playa de Oliva donde pueda existir la posibilidad de alcanzar niveles sonoros de emisión superiores a los establecidos en la legislación vigente en cuanto a tráfico rodado se refiere.

Las medidas, de acuerdo con el anexo III del R. D. 104/2006, se desarrollaron con el micrófono del sonómetro a una altura mínima de 1,5 metros sobre el nivel de suelo, además, se midió conservando las distancias con las paredes de los edificios (todas las medidas se realizaron a más de 2 metros de distancia de cualquier fachada), superficies u objetos reflectantes para evitar un apantallamiento del sonido. El sonómetro se situó en los alrededores de las calles y carreteras. Destacar la inclinación de unos 45° del sonómetro para evitar así que el micrófono esté paralelo al suelo [8]. Y, para evitar cualquier tipo de atenuación, en el momento de realizar las medidas se guardará una cierta distancia con el sonómetro (así se evitará interferir lo menos posible en las mediciones).

El objetivo es conseguir datos de referencia de los niveles sonoros existentes con motivo de evaluar la situación inicial en la playa de Oliva.

Las medidas tienen una duración de 1 minuto, por tanto, se ha realizado un promedio para estimar el caudal de vehículos ligeros y pesados que pasan durante 1 hora por cada punto de medida.

Por cada uno de los puntos de medida (ver **Anexo 2-“Niveles de ruido registrados *in situ*. Mapas de Botones”**) se realizaron un total de 3 medidas diurnas y 3 medidas nocturnas, es decir, un total de 6 medidas *in situ* por cada punto. Las medidas tuvieron lugar en dos campañas: verano e invierno.



Figura 6. Mapa con las posiciones de micrófono seleccionadas. **Fuente:** Elaboración propia.

Las medidas diurnas tendrán lugar entre las 8.00 h de la mañana y las 22.00 h de la noche, mientras que las medidas nocturnas se realizarán entre las 22.00 h de la noche y las 8.00 h de la

mañana del día siguiente de acuerdo con la Ley 7/2002, de 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana de Protección contra la Contaminación Acústica [6].

Los días en los cuales se realizaron las medidas han sido escogidos de forma aleatoria combinando días laborables con días festivos. Como se puede comprobar en las tablas del **Anexo 2-“Niveles de ruido registrados *in situ*. Mapas de Botones”**, cada una de las 3 medidas realizadas en cada punto tiene un margen de más de 1 hora de diferencia entre una y otra. Se ha creído oportuno realizarlo de esta forma para obtener un promedio entre medidas más fiable y real.

Se han tenido en cuenta todas las horas punta, es decir, la hora de entrar y salir de trabajar, la hora a la cual los alumnos van al colegio etc. Es evidente que las actividades sonoras en cada una de las zonas de la playa son distintas en función de la franja horaria, por tanto, al realizar las medidas en distintas franjas horarias se consigue un promedio más preciso.

Para tener una visión más detallada de los puntos de medida es muy recomendable ir al **Anexo 1- “Registro fotográfico”**.

Además, durante las medidas del nivel equivalente LAeq se recogían simultáneamente datos meteorológicos como la velocidad del viento, la humedad relativa y la temperatura y datos referentes a la velocidad de circulación de los vehículos a motor y el caudal de vehículos ligeros y pesados. También se registraron otro tipo de datos como el entorno de medición (tipo de pavimento, estado del terreno y objetos próximos).

En la transmisión del ruido por el aire, la temperatura y la velocidad del viento pueden ser un factor a tener muy en cuenta. Estos dos parámetros pueden provocar ciertas atenuaciones o refuerzos del nivel sonoro que está captando el sonómetro.

Con respecto al viento destacar que no se puede medir con rachas de viento superiores a 3 m/s entre otras cosas porque tiraría el sonómetro y, además, afectaría a las medidas. Por tanto, todas las medidas realizadas se llevaron a cabo por debajo de los 3 m/s. Se desistirán las mediciones con condiciones meteorológicas adversas como lluvia, nieve y niebla.

Como las medidas se han realizado al aire libre, el efecto del viento añade componentes de baja frecuencia a la señal sonora que se está midiendo *in situ*, por tanto, para reducir los efectos del viento se usará una pantalla antiviento colocada sobre el micrófono Tipo 4189.

Referente a la temperatura subrayar el denominado efecto de gradiente de temperatura, es decir, habitualmente la temperatura decae cuando la altura es mayor, pero puede ocurrir a veces que se produzca el efecto conocido como capas de inversión térmica, es decir, a mayor altura la temperatura es mayor.

Para disponer de mayor información se recomienda ver los datos reunidos durante las campañas de verano e invierno del **Anexo 2-“Niveles de ruido registrados *in situ*. Mapas de Botones”**.

Una vez se han realizado las medidas en los distintos puntos representativos se analizarán los resultados obtenidos.

3.5. RESULTADOS DE LAS MEDICIONES IN SITU

Acto seguido, se van a presentar una serie de tablas con los niveles equivalentes en los distintos puntos de medida y se comprobará si cumplen con los límites establecidos tanto por la normativa estatal de acuerdo con la **Ley 37/2003 de 17 de noviembre, del Ruido** [3] como por la normativa autonómica de acuerdo con lo establecido en la **Ley 7/2002, de 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana, de Protección contra la Contaminación Acústica** [6].

Punto de medida	LAeq,D (dB(A))	Cumple con la normativa si Ld < 65 dB(A)
P1	45,0	SÍ CUMPLE
P2	62,5	SÍ CUMPLE
P3	53,0	SÍ CUMPLE
P4	58,5	SÍ CUMPLE
P5	62,0	SÍ CUMPLE
P6	65,9	NO CUMPLE
P7	52,1	SÍ CUMPLE
P8	54,2	SÍ CUMPLE
P9	60,0	SÍ CUMPLE
P10	73,2	NO CUMPLE
P11	67,6	NO CUMPLE
P12	67,4	NO CUMPLE
P13	60,2	SÍ CUMPLE
P14	65,1	NO CUMPLE
P15	63,7	SÍ CUMPLE
P16	67,3	NO CUMPLE
P17	67,1	NO CUMPLE
P18	64,5	SÍ CUMPLE

Tabla 3. Comparativa del índice de ruido máximo establecido por la normativa estatal con respecto a los valores obtenidos de las mediciones *in situ* en el periodo estival durante el día. **Fuente:** Elaboración propia.

Punto de medida	LAeq,N (dB(A))	Cumple con la normativa si Ln < 55 dB(A)
P1	51,2	SÍ CUMPLE
P2	58,7	NO CUMPLE
P3	40,2	SÍ CUMPLE
P4	64,2	NO CUMPLE
P5	55,2	NO CUMPLE
P6	61,8	NO CUMPLE
P7	47,5	SÍ CUMPLE
P8	57,3	NO CUMPLE
P9	61,0	NO CUMPLE
P10	58,8	NO CUMPLE
P11	60,6	NO CUMPLE
P12	54,0	SÍ CUMPLE
P13	54,6	SÍ CUMPLE
P14	49,6	SÍ CUMPLE
P15	54,3	SÍ CUMPLE
P16	59,8	NO CUMPLE
P17	60,6	NO CUMPLE
P18	47,2	SÍ CUMPLE

Tabla 4. Comparativa del índice de ruido máximo establecido por la normativa estatal con respecto a los valores obtenidos de las mediciones *in situ* en el periodo estival durante la noche. **Fuente:** Elaboración propia.

Punto de medida	LAeq,D (dB(A))	Cumple con la normativa si Ln < 65 dB(A)
P1	45,1	SÍ CUMPLE
P2	60,0	SÍ CUMPLE
P3	49,1	SÍ CUMPLE
P4	59,6	SÍ CUMPLE
P5	52,0	SÍ CUMPLE
P6	63,0	SÍ CUMPLE
P7	57,0	SÍ CUMPLE
P8	55,6	SÍ CUMPLE
P9	59,6	SÍ CUMPLE
P10	67,9	NO CUMPLE
P11	68,3	NO CUMPLE
P12	56,1	SÍ CUMPLE
P13	59,8	SÍ CUMPLE
P14	56,8	SÍ CUMPLE
P15	60,1	SÍ CUMPLE
P16	66,6	NO CUMPLE
P17	60,5	SÍ CUMPLE
P18	55,7	SÍ CUMPLE

Tabla 5. Comparativa del índice de ruido máximo establecido por la normativa estatal con respecto a los valores obtenidos de las mediciones *in situ* en el periodo invernal durante el día. **Fuente:** Elaboración propia.

Punto de medida	LAeq,N (dB(A))	Cumple con la normativa si Ln < 55 dB(A)
P1	47,4	SÍ CUMPLE
P2	45,1	SÍ CUMPLE
P3	46,6	SÍ CUMPLE
P4	53,4	SÍ CUMPLE
P5	42,9	SÍ CUMPLE
P6	58,2	NO CUMPLE
P7	60,4	NO CUMPLE
P8	50,6	SÍ CUMPLE
P9	52,3	SÍ CUMPLE
P10	60,3	NO CUMPLE
P11	65,0	NO CUMPLE
P12	57,7	NO CUMPLE
P13	55,8	NO CUMPLE
P14	44,1	SÍ CUMPLE
P15	52,7	SÍ CUMPLE
P16	62,0	NO CUMPLE
P17	59,9	NO CUMPLE
P18	46,1	SÍ CUMPLE

Tabla 6. Comparativa del índice de ruido máximo establecido por la normativa estatal con respecto a los valores obtenidos de las mediciones *in situ* en el periodo invernal durante la noche. **Fuente:** Elaboración propia.

Según el Plan General de Ordenación Urbana de Oliva, el tipo de área dominante en las distintas playas de Oliva es residencial (ver los mapas del PGOU de la playa de Oliva en **Anexo 2-“Niveles de ruido registrados *in situ*. Mapas de Botones”**). Las tablas que se han presentado son los valores obtenidos *in situ* comparados con los límites establecidos de Ld y Ln por la normativa estatal correspondiente a la Ley 37/2003 de 17 de noviembre, del Ruido (marcado en rojo en la **Tabla 7**).

Tipo de área acústica		Índices de ruido (dB(A))		
		Ld	Le	Ln
E	Sanitario, docente y cultural	60	60	50
A	Residencial	65	65	55
D	Terciario	70	70	65
C	Recreativo y espectáculos	73	73	63
B	Industrial	75	75	65
F	Infraestructuras de transporte	Sin determinar		

Tabla 7. Índices de ruido marcados en la Ley 37/2003 de 17 de noviembre, del Ruido. **Fuente:** Normativa estatal.

Acto seguido, se procederá a evaluar, de forma detallada, los resultados obtenidos en las distintas zonas de la playa.

▪ **Zona I: Playa Terranova-Burguera:**

• **Época estival: Análisis de las medidas diurnas.**

Observando las cinco primeras medidas expuestas en la **Tabla 3** correspondientes a esta zona, se puede ver que todas las posiciones de medida sí que cumplen con la normativa estatal: **Ley 37/2003 de 17 de noviembre, del Ruido** [3].

Los puntos donde se han obtenido valores elevados de contaminación acústica corresponden con los puntos 2 y 5. En verano, la mayor parte del tráfico vehicular se concentra en dichos dos puntos, el punto 2 se encuentra localizado en la Avinguda dels Llauradors, que es una carretera bastante transitada (ver las tablas del caudal de vehículos ligeros y pesados del **Anexo 2-“Niveles de ruido registrados *in situ*. Mapas de Botones”**). Análogamente, el punto 5, se encuentra situado junto al Club Náutico de Oliva y a escasos 10 metros del restaurante Kiko Port, por tanto, los resultados obtenidos son coherentes con la actividad sonora presente en la zona.

• **Época estival: Análisis de las medidas nocturnas.**

Examinando las medidas obtenidas durante el periodo nocturno se puede ver que hasta un total de tres de los cinco puntos no cumplen con la normativa estatal. Es lógico pensar que a medida que cae la noche el número de vehículos a motor que circulan por las calles es menor, pero teniendo en cuenta que hay gente de vacaciones, los alumnos ya no van a la escuela y hay cierto ambiente fiestero por la playa en verano, está lógica se rompe.

Por tanto, los puntos que no superan el corte, es decir, que no cumplen con la normativa vigente estatal son el 2, 4 y 5. Los puntos 2 y 5 ya se han comentado, en el punto anterior, las posibles fuentes de ruido que están alrededor de dichos puntos receptores.

Por último, el punto 4 se encuentra en la misma carretera donde están presentes los puntos 2 y 5, por tanto, todo el tráfico rodado que pase por estos dos puntos pasará también por el punto 4.

- **Época invernal: Análisis de las medidas diurnas.**

Analizando las medidas reflejadas en la **Tabla 5** se puede extraer que el nivel de contaminación acústica es ligeramente menor que en verano, de hecho, al igual que en la época estival, todos los puntos de medida cumplen con lo estipulado en la ley estatal [3].

- **Época invernal: Análisis de las medidas nocturnas.**

Con respecto a las medidas realizadas durante la noche se puede atisbar que todos los puntos cumplen en relación con la normativa estatal [3].

- **Zona II: Playa Pau-Pi:**

- **Época estival: Análisis de las medidas diurnas.**

Los puntos de medida correspondientes a esta zona abarcan del 6 al 17. Es una zona urbana residencial y con tráfico rodado intenso. De los doce puntos analizados en esta zona únicamente cumplen los puntos 7, 8, 9, 13 y 15. Los demás superan el índice de ruido máximo indicado en la normativa estatal. Por tanto, se va a analizar por partes cada uno de los puntos de medida que no cumplen en esta zona.

Si se observa el mapa de botones del **Anexo 2-“Niveles de ruido registrados *in situ*. Mapas de Botones”**, se puede ver que el punto 6 se encuentra situado en los alrededores de la depuradora de Oliva, además se encuentra a escasos 30 metros de la carretera más transitada de la playa. Destacar, también, la presencia de ferias para niños en la época estival. Todo esto contribuye a obtener unos niveles equivalentes (LAeq) elevados.

En los alrededores del punto 6 vive gente de edad avanzada, por tanto, están soportando niveles superiores a 60 dB(A) durante todo el día. Es decir, la mayor parte de los olivenses residentes en este lugar están conviviendo, a día de hoy, con niveles de ruido gravemente nocivos para la salud.

Analizando todas las medidas, se vio que el punto más crítico corresponde con el punto 10, aquí se ha llegado a obtener un LAeq de 73,2 dB(A), es decir, 8,2 dB por encima de lo permitido.

Cabe añadir que la mayor parte del tráfico, tanto vehículos ligeros como pesados, entran a la playa de Oliva por este punto. En general, un gran porcentaje de vehículos que circulan por esta vía, no lo hacen a velocidad constante, por tanto, se obtienen las respectivas aceleraciones y desaceleraciones.

Se debe tener en cuenta que el ruido generado por el tráfico rodado depende de tres parámetros: velocidad del vehículo, tipo de pavimento de la vía y el tipo de neumático. Para intentar minimizar los registros de contaminación acústica se propuso como medida reducir la velocidad de 80 km/h a 50 km/h, pero a esa velocidad, tanto las motos como los coches, el ruido predominante es mecánico, es decir, el de la propia máquina.

La solución propuesta en 2015 para alcanzar los objetivos de calidad acústica exigibles consiste en interconectar las playas de La Safor (con ello se reduciría parte del tráfico que circula por la carretera Paseo de Oliva al Mar). Para más información ver apartado de **Planteamiento de Medidas Correctoras** y ver el **Anexo 2-“Niveles de ruido registrados *in situ*. Mapas de Botones”**).

Los puntos 11, 16 y 17 se encuentran situados en la carretera de Vía de Ronda. Esta es una carretera con tráfico intenso en verano, y moderado, en invierno que da acceso a los locales nocturnos, bares y restaurantes. Se puede decir que los resultados obtenidos son acordes al ambiente ruidoso que rodea los puntos de medida.

Finalmente, los puntos 12 y 14 se encuentran paralelos a los puntos 11 y 16 respectivamente. Concretamente, el punto 12 se sitúa en la calle De Les Canyaes, mientras que el punto 14 se encuentra localizado en la calle Rey Pedro. En esta zona no hay vehículos pesados, el vehículo que más predomina en esta área es la motocicleta (para más información consultar el **Anexo 1- “Registro fotográfico”**).

Contemplando los valores obtenidos, se puede ver que, en el punto 14 el nivel de presión sonora continuo equivalente registrado no proviene sólo del tráfico rodado, sino que también hay que tener en cuenta la presencia de las mareas (punto situado en primera línea de playa).

- **Época estival: Análisis de las medidas nocturnas.**

En la **Tabla 4**, expuesta anteriormente, se puede ver una disminución del nivel de presión sonora continuo equivalente a tener muy en cuenta con respecto a las medidas realizadas durante el día, pero aun así, únicamente cumplen con la normativa estatal los puntos 7, 12, 13, 14 y 15.

El resto de puntos de esta zona superan los 55 dB(A) marcados por la ley estatal. Finalmente, destacar que el punto con más ruido, durante la noche, se encuentra enfrente de la depuradora de Oliva con un valor de LAeq de 61,8 dB(A).

- **Época invernal: Análisis de las medidas diurnas.**

Los resultados cosechados en invierno son más halagüeños que los obtenidos en verano. De hecho, solamente los puntos 10, 11 y 16 superan el límite establecido por la ley estatal. El ambiente sonoro que rodea dichos puntos ya se ha comentado en el punto anterior.

- **Época invernal: Análisis de las medidas nocturnas.**

Por la noche, según la **Tabla 6**, se observa que sólo los puntos 8, 9, 14 y 15 cumplen la normativa estatal, el resto no. A diferencia de la primera zona analizada, donde se pudo ver que todos los puntos cumplían con la normativa vigente en la época invernal, en esta zona, pasa todo lo contrario, es decir, los habitantes pertenecientes a esta área están sometidos a niveles de presión sonora continuo equivalente elevados durante la noche a lo largo de todo el año.

▪ **Zona III: Playa Agua Blanca:**

• **Época estival: Análisis de las medidas diurnas.**

Esta área se evaluará a partir del punto 18. Recalcar que el punto donde se obtuvieron las medidas se situaba a escasos 40 metros de los pubs y del Restaurante Soqueta. Además, se encontraba en primera línea de playa, por tanto, también hay que tener en cuenta las mareas. Los vehículos a motor predominantes por este sector son las motocicletas y los coches. A pesar del entorno descrito, el valor de LAeq que se ha recogido con el sonómetro cumple con la normativa estatal.

• **Época estival: Análisis de las medidas nocturnas.**

Al igual que la medida obtenida durante el día, el valor nocturno de LAeq también cumple con la normativa estatal [3].

• **Época invernal: Análisis de las medidas diurnas.**

En invierno la presencia de vehículos cae drásticamente con respecto a verano en esta zona, por tanto se ha obtenido un nivel de presión sonora continuo equivalente LAeq de 55,7 dB(A), es decir, 9,3 dB por debajo de lo establecido en la normativa estatal [3]. Esto indica que es una zona bastante tranquila en invierno.

• **Época invernal: Análisis de las medidas nocturnas.**

Debido a la ausencia de tráfico rodado durante la noche en esta zona, la mayor parte del ruido registrado por el sonómetro corresponde con el fuerte oleaje del mar. Aun así, el valor registrado cumple con la legislación vigente.

Acto seguido, se presentan las tablas con los mismos valores de Ld y Ln pero comparadas con la normativa autonómica [6].

Punto de medida	LAeq,D (dB(A))	Cumple con la normativa si Ld < 55 dB(A)
P1	45,0	SÍ CUMPLE
P2	62,5	NO CUMPLE
P3	53,0	SÍ CUMPLE
P4	58,5	NO CUMPLE
P5	62,0	NO CUMPLE
P6	65,9	NO CUMPLE
P7	52,1	SÍ CUMPLE
P8	54,2	SÍ CUMPLE
P9	60,0	NO CUMPLE
P10	73,2	NO CUMPLE
P11	67,6	NO CUMPLE
P12	67,4	NO CUMPLE
P13	60,2	NO CUMPLE
P14	65,1	NO CUMPLE
P15	63,7	NO CUMPLE
P16	67,3	NO CUMPLE

P17	67,1	NO CUMPLE
P18	64,5	NO CUMPLE

Tabla 8. Comparativa del índice de ruido máximo establecido por la normativa autonómica con respecto a los valores obtenidos de las mediciones *in situ* en el periodo estival durante el día. **Fuente:** Elaboración propia.

Punto de medida	LAeq,N (dB(A))	Cumple con la normativa si Ln < 45 dB(A)
P1	51,2	NO CUMPLE
P2	58,7	NO CUMPLE
P3	40,2	SÍ CUMPLE
P4	64,2	NO CUMPLE
P5	55,2	NO CUMPLE
P6	61,8	NO CUMPLE
P7	47,5	NO CUMPLE
P8	57,3	NO CUMPLE
P9	61,0	NO CUMPLE
P10	58,8	NO CUMPLE
P11	60,6	NO CUMPLE
P12	54,0	NO CUMPLE
P13	54,6	NO CUMPLE
P14	49,6	NO CUMPLE
P15	54,3	NO CUMPLE
P16	59,8	NO CUMPLE
P17	60,6	NO CUMPLE
P18	47,2	NO CUMPLE

Tabla 9. Comparativa del índice de ruido máximo establecido por la normativa autonómica con respecto a los valores obtenidos de las mediciones *in situ* en el periodo estival durante la noche. **Fuente:** Elaboración propia.

Punto de medida	LAeq,D (dB(A))	Cumple con la normativa si Ln < 55 dB(A)
P1	45,1	SÍ CUMPLE
P2	60,0	NO CUMPLE
P3	49,1	SÍ CUMPLE
P4	59,6	NO CUMPLE
P5	52,0	SÍ CUMPLE
P6	63,0	NO CUMPLE
P7	57,0	NO CUMPLE
P8	55,6	NO CUMPLE
P9	59,6	NO CUMPLE
P10	67,9	NO CUMPLE
P11	68,3	NO CUMPLE
P12	56,1	NO CUMPLE
P13	59,8	NO CUMPLE
P14	56,8	NO CUMPLE
P15	60,1	NO CUMPLE
P16	66,6	NO CUMPLE
P17	60,5	NO CUMPLE
P18	55,7	NO CUMPLE

Tabla 10. Comparativa del índice de ruido máximo establecido por la normativa autonómica con respecto a los valores obtenidos de las mediciones *in situ* en el periodo invernal durante el día. **Fuente:** Elaboración propia.

Punto de medida	LAeq,N (dB(A))	Cumple con la normativa si Ln < 45 dB(A)
P1	47,4	NO CUMPLE
P2	45,1	NO CUMPLE
P3	46,6	NO CUMPLE
P4	53,4	NO CUMPLE

P5	42,9	SÍ CUMPLE
P6	58,2	NO CUMPLE
P7	60,4	NO CUMPLE
P8	50,6	NO CUMPLE
P9	52,3	NO CUMPLE
P10	60,3	NO CUMPLE
P11	65,0	NO CUMPLE
P12	57,7	NO CUMPLE
P13	55,8	NO CUMPLE
P14	44,1	SÍ CUMPLE
P15	52,7	NO CUMPLE
P16	62,0	NO CUMPLE
P17	59,9	NO CUMPLE
P18	46,1	NO CUMPLE

Tabla 11. Comparativa del índice de ruido máximo establecido por la normativa autonómica con respecto a los valores obtenidos de las mediciones *in situ* en el periodo invernal durante la noche. **Fuente:** Elaboración propia.

Al igual que lo expuesto anteriormente con la normativa estatal, el tipo de área acústica predominante es residencial, por tanto, para poder comparar los resultados obtenidos en los distintos puntos de medida se debe de hacer uso de la **Tabla 12**.

Tipo de área acústica	Índices de ruido (dB(A))	
	Día	Noche
Sanitario y docente	45	35
Residencial	55	45
Terciario	65	55
Industrial	70	60

Tabla 12. Índices de ruido marcados por la Ley 7/2002, de 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana, de Protección contra la Contaminación Acústica. **Fuente:** Normativa autonómica.

Como se puede ver en las tablas elaboradas, los puntos que no cumplan con la normativa estatal: **Ley 37/2003 de 17 de noviembre, del Ruido**, tampoco cumplirán con la normativa autonómica: **Ley 7/2002, de 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana, de Protección contra la Contaminación Acústica**.

Es muy conveniente ver el **Anexo 2-“Niveles de ruido registrados *in situ*. Mapas de Botones”** para tener una visión general y más información acerca de todos los datos obtenidos en los distintos puntos de medida.

Después de haber comparado los valores obtenidos *in situ* con los índices acústicos marcados por la normativa estatal y autonómica se elaborará una comparación con los datos recogidos hace diez años.

4. ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y COMPARATIVA CON AÑOS ANTERIORES

Con relación al estudio de contaminación acústica llevado a cabo en 2004 en las distintas playas de Oliva, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

Las primeras cinco mediciones que se han realizado en el presente estudio no se pueden comparar debido al hecho que hace diez años no se obtuvieron medidas de tráfico rodado en la zona norte de la playa de Oliva correspondiente a Terranova-Burguera.

Por tanto, al no tener medidas realizadas *in situ* no se puede profundizar demasiado. Pero sí que se puede intuir que desde el 2004 hasta la fecha ha aumentado el ruido de tráfico rodado debido, entre otras cosas, a las nuevas urbanizaciones realizadas (donde antes era todo cultivo), chiringuitos por la zona etc. Todo esto supone un claro aumento del caudal de vehículos a motor.

De la playa Pau-Pi, sí que se disponen los datos que se obtuvieron hace una década. Sí se comparan los datos proporcionados por los mapas de botones, en el periodo estival, se puede atisbar que, en las mediciones realizadas en los puntos 7, 8, 9, 11, 13, 15, 16 y 17, el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A (LAeq) ha disminuido con respecto a los datos obtenidos en 2004 (ver **Fig. 7**).

Pero, aun así, los niveles de ruido continúan siendo muy elevados como los obtenidos en los puntos de medida 11, 16 y 17 con LAeq de 67,6 dB(A), 67,3 dB(A) y 67,1 dB(A) respectivamente.

Todos estos puntos no cumplen con la legislación vigente de la Generalitat Valenciana que establece un índice de ruido máximo diurno de 55 dB(A). Tampoco cumplen con la normativa estatal donde el índice de ruido máximo durante el día son 65 dB(A).

Por tanto, desde entonces, en estos puntos ha disminuido poco el nivel de ruido. Por tanto, hay que buscar otras soluciones para cumplir con lo estipulado en la **Ley 7/2002, de 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana, de Protección contra la Contaminación Acústica**.

El punto 6 se mantiene prácticamente igual con respecto a 2004 con un valor de LAeq de 65,9 dB(A). Como ya se ha mencionado antes, se supera el nivel de ruido establecido oficialmente como máximo tanto en la Ley de la Generalitat Valenciana, como en la normativa estatal.

El estudio de la situación actual, tiende a demostrar que la situación, en los puntos 10, 12, 14 y 18, ha empeorado con el paso de los años. Se pueden catalogar las zonas, donde se realizaron las medidas, como “puntos negros” en cuanto a contaminación acústica se refiere. Aunque se han aplicado acciones puntuales, el nivel de exposición al ruido de tráfico no ha bajado en estos puntos, sino que ha pasado todo lo contrario. Por tanto, si no se aplican determinadas políticas en cuanto a reducción e inspección de las fuentes de ruido, el ruido ambiental seguirá aumentando, perjudicando gravemente la salud de las personas residentes en este sector.

A día de hoy, se puede decir que la playa de Oliva suspende por exceso de ruido. A continuación, se muestra una gráfica con la comparación de los niveles equivalentes con

ponderación A (LAeq) obtenidos en todos los puntos de medida durante la campaña estival junto con los resultados registrados en 2004.

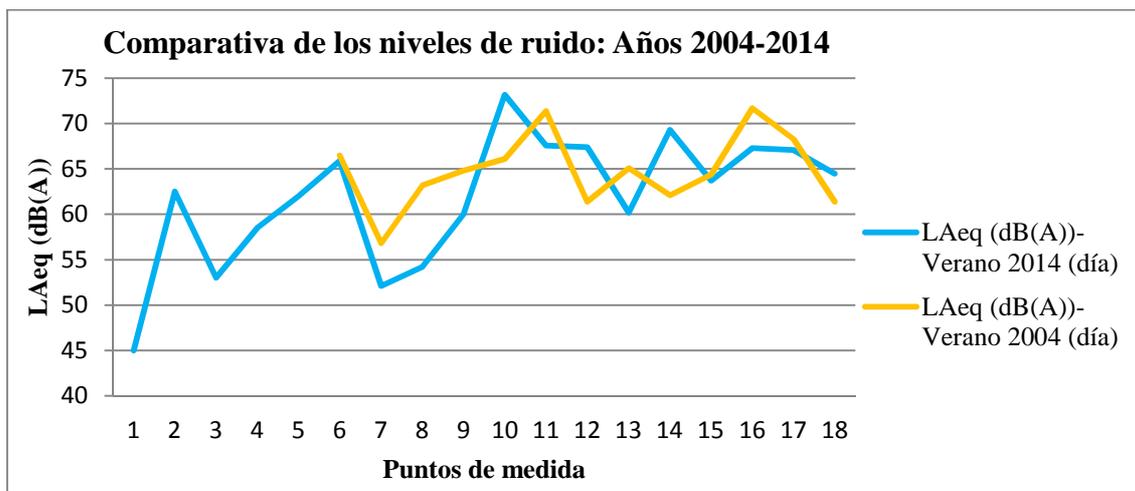


Figura 7. Gráfica comparativa de los niveles de ruido obtenidos en los años 2004-2014 en los distintos puntos de medida en la playa de Oliva durante el verano (periodo diurno). **Fuente:** Elaboración propia.

Comparando los resultados actuales con los obtenidos en 2005, en la época invernal, se puede apreciar, en la **Fig. 8**, que los resultados son esperanzadores, es decir, los niveles de ruido han mejorado con respecto a los últimos años en gran parte de los puntos de medida.

Se puede contabilizar que únicamente dos puntos, superan los valores que se obtuvieron en 2005, concretamente son los puntos 10 y 15. Estos puntos no cumplen con los objetivos de calidad acústica marcados en las respectivas normativas autonómicas y estatales.

Los residentes de los sectores que rodean dichos puntos de medida están sometidos de forma continua a niveles de ruido ambiental sencillamente inaceptables.

Este aumento de los niveles sonoros en la campaña invernal es debido, en parte, al aumento de la población, es decir, en invierno cada vez hay más gente viviendo en la playa y, por lo tanto, el incremento de vehículos a motor es mayor. Se puede afirmar de forma rotunda que la fuente más significativa de ruido ambiental es el tráfico rodado.

Respecto a los puntos 6, 7, 9, 13 y 18 se observa que los niveles no han variado demasiado con el transcurso de los años, es decir, las diferencias son insignificantes.

Finalmente, se tienen buenas noticias en los puntos de medida 8, 11, 12, 14, 16 y 17. Aquí sí que ha habido una disminución de la contaminación acústica procedente del tráfico rodado, por tanto, es un dato tranquilizante para la gente que viva cerca de estas zonas.

En la gráfica que sigue se muestra una comparación de los niveles equivalentes con ponderación A (LAeq) obtenidos en todos los puntos de medida durante la campaña invernal junto con los resultados registrados en 2005.

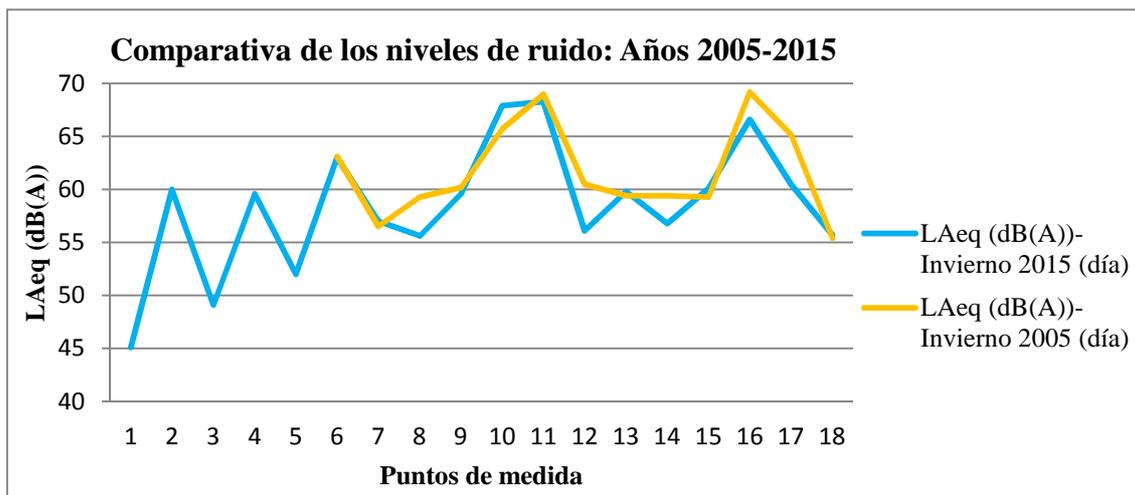


Figura 8. Gráfica comparativa de los niveles de ruido obtenidos en los años 2005-2015 en los distintos puntos de medida en la playa de Oliva durante el invierno (periodo diurno). **Fuente:** Elaboración propia.

Llegado a este punto, se han analizado las medidas obtenidas *in situ* en la playa de Oliva, ahora se llevará a cabo la realización del modelo de predicción a partir de todos los datos recogidos.

5. DISEÑO DEL MODELO DE PREDICCIÓN

Con las medidas *in situ* de las campañas de verano e invierno se obtienen los niveles sonoros en los puntos concretos de la zona a estudio, sin embargo una simulación matemática proporciona un mapa sonoro de la zona objeto de estudio, por tanto, se puede apreciar con mayor claridad el estado de la situación acústica.

El modelo predictivo se llevará a cabo mediante el software Predictor v7.10 de Brüel & Kjaer y se incluirán todos los datos recopilados durante las mediciones *in situ* [16].

Todo el desarrollo, para poder modelar la zona sometida bajo estudio, viene detallado en el **Anexo 3-“Mapas Sonoros mediante el software de simulación Predictor”**.

5.1. MODELO DE CÁLCULO Y SOFTWARE DE PREDICCIÓN EMPLEADO

El modelo de cálculo empleado para llevar a cabo las simulaciones acústicas con Predictor es el modelo francés de ruido de tráfico rodado XPS 31-133. Los cálculos se realizarán con un mallado de 4 metros tal y como apunta la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental y, con el fin de poder comparar las medidas experimentales con las simuladas, también se simulará con un mallado de 1,5 metros.

De acuerdo con la normativa de la Generalitat Valenciana sólo se definirán dos periodos en Predictor: periodo día (8.00-22.00) y periodo noche (22.00-8.00).

En el modelo de simulación con Predictor deben de introducirse los siguientes datos recogidos *in situ* [16]:

- Caudal de vehículos ligeros y pesados que pasan por las carreteras.
- Receptores con una altura de 1,5 metros.

- Altura de los edificios.
- Condiciones meteorológicas.
- Tipo de suelo (duro, mixto o blando) y entorno.
- Velocidad de circulación media de los vehículos a motor.

Visto el software que se ha utilizado y el modelo de cálculo se procede a comprobar el modelo.

5.2. MÉTODO DE COMPROBACIÓN DEL MODELO

Una vez se han introducido todos los datos necesarios se procederá a simular el modelo en estado pre-operacional. Finalmente, se compararán las mediciones realizadas *in situ* con los datos obtenidos en la simulación con el objetivo de verificar que los niveles sonoros registrados *in situ*, en dB(A), en cada uno de los puntos se asemejan con los valores simulados.

Las medidas experimentales, los resultados de la simulación, tras la calibración del modelo, y la diferencia entre los resultados que se han obtenido se encuentran representados en las tablas que siguen:

Receptor	LAeq,D (dB(A)) (<i>in situ</i>)	LAeq,D (dB(A)) (simulado)	Diferencia (dB)	LAeq,N (dB(A)) (<i>in situ</i>)	LAeq,N (dB(A)) (simulado)	Diferencia (dB)
R1	45,0	46,4	1,4	51,2	50,9	-0,3
R2	62,5	60,2	-2,3	58,7	60,2	1,5
R3	53,0	52,9	-0,1	40,2	39,6	-0,6
R4	58,5	61,3	2,8	64,2	61,2	-3,0
R5	62,0	60,3	-1,7	55,2	57,4	2,2
R6	65,9	65,6	-0,3	61,8	60,9	-0,9
R7	52,1	54,0	1,9	47,5	46,9	-0,6
R8	54,2	56,0	1,8	57,3	59,0	1,7
R9	60,0	62,8	2,8	61,0	59,9	-1,1
R10	73,2	71,4	-1,8	58,8	60,1	1,3
R11	67,6	66,6	-1,0	60,6	60,5	-0,1
R12	67,4	64,4	-3,0	54,0	55,7	1,7
R13	60,2	62,8	2,6	54,6	51,6	-3,0
R14	65,1	62,3	-2,8	49,6	51,1	1,5
R15	63,7	64,5	0,8	54,3	55,7	1,4
R16	67,3	66,5	-0,8	59,8	60,5	0,7
R17	67,1	69,4	2,3	60,6	63,3	2,7
R18	64,5	61,7	-2,8	47,2	49,2	2,0

Tabla 13. Tabla comparativa de las medidas experimentales y simuladas (campeña estival). Fuente: Elaboración propia.

Receptor	LAeq,D (dB(A)) (<i>in situ</i>)	LAeq,D (dB(A)) (simulado)	Diferencia (dB)	LAeq,N (dB(A)) (<i>in situ</i>)	LAeq,N (dB(A)) (simulado)	Diferencia (dB)
R1	45,1	43,9	-1,2	47,4	44,7	-2,7
R2	60,0	57,7	-2,3	45,1	46,4	1,3
R3	49,1	47,0	-2,1	46,6	47,0	0,4
R4	59,6	62,6	3,0	53,4	51,1	-2,3

R5	52,0	53,0	1,0	42,9	45,9	3,0
R6	63,0	61,7	-1,3	58,2	56,7	-1,5
R7	57,0	54,0	-3,0	60,4	58,3	-2,1
R8	55,6	58,4	2,8	50,6	50,0	-0,6
R9	59,6	62,2	2,6	52,3	53,2	0,9
R10	67,9	65,6	-2,3	60,3	58,9	-1,4
R11	68,3	65,9	-2,4	65,0	62,4	-2,6
R12	56,1	58,1	2,0	57,7	56,3	-1,4
R13	59,8	61,1	1,3	55,8	52,9	-2,9
R14	56,8	54,7	-2,1	44,1	46,6	2,5
R15	60,1	57,3	-2,8	52,7	55,4	2,7
R16	66,6	63,8	-2,8	62,0	60,4	-1,6
R17	60,5	62,6	2,1	59,9	59,2	-0,7
R18	55,7	58,2	2,5	46,1	45,3	-0,8

Tabla 14. Tabla comparativa de las medidas experimentales y simuladas (campana invernal). **Fuente:** Elaboración propia.

La máxima diferencia permitida, para validar el mapa de ruido, entre el nivel medido y el nivel simulado serán 3 dB de acuerdo con el manual de buenas prácticas denominado *Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure*.

Dado que la carretera representa una fuente lineal, una variación de 3 dB entre las medidas del modelo implementado en la simulación y las medidas reales, significaría que el caudal se habría duplicado, por tanto es lógico establecer esa cantidad como alarma para poder evitar que el modelo simulado se desvíe mucho respecto a las medidas reales [17].

Como se puede observar en la **Tabla 13** y la **Tabla 14**, la diferencia, en valor absoluto, entre los niveles simulados y medidos en los receptores es mayor o igual a 0 dB y menor o igual a 3 dB, por tanto, se puede dar el modelo por válido.

A continuación, una vez visto la comparativa entre las medidas experimentales y simuladas, se presentan las medidas correctoras para tratar de disminuir el ruido de tráfico rodado.

6. PLANTEAMIENTO DE MEDIDAS CORRECTORAS

Una vez se han analizado los resultados obtenidos de las simulaciones con Predictor del modelo pre-operacional es oportuno plantear determinadas medidas correctoras o preventivas con el fin de disminuir la contaminación acústica en la playa de Oliva y cumplir con los objetivos de calidad acústica estipulados en la normativa de la Generalitat Valenciana para el tipo de zonificación acústica estudiado, en este caso, residencial.

Acto seguido, se presentan las medidas correctoras planteadas para este trabajo:

- **Interconexión de las playas de La Safor:**

Una de las soluciones reales que se está poniendo en marcha durante 2015 para disminuir el ruido de tráfico rodado y otros conflictos en la playa de Oliva recibe el nombre de “carretera interplayas” a partir del cual se pretenden conectar las playas de La Safor [18].

Por tanto, mediante la conexión del tramo final de la Avinguda dels LLauradors de Oliva y el tramo final de la Ronda Oeste de Piles se conseguiría una disminución del ruido de tráfico

considerable en la carretera Paseo de Oliva al Mar (ver **Fig. 9**). Actualmente, esta es una de las carreteras con mayor tráfico vehicular de Oliva, sobre todo en el periodo estival.

De modo que una desviación del tráfico rodado sería muy favorable para los vecinos que residen en la zona Les Canyaes. A día de hoy, estos vecinos están sometidos a altos niveles de contaminación acústica y ambiental. Por tanto, la estancia ahí es poco agradable.



Figura 9. Trazado de la futura conexión entre las playas de Oliva y Piles. **Fuente:** Departamento de urbanismo (Oliva).

▪ **Renovación del pavimento:**

Otra solución es la renovación del pavimento de la playa de Oliva. Por tanto, se propone reasfaltar las carreteras mediante un tipo de asfalto fonoabsorbente [19]. Con ello se va a conseguir disminuir el ruido a más de la octava parte del nivel acústico inicial, concretamente en 10 dB, debido a que este asfalto dispone de huecos que disiparán el ruido producido por los vehículos a motor hacia abajo. El actual pavimento de la playa es asfalto convencional, prácticamente refleja todo el sonido, por tanto tiene un mal comportamiento acústico.

Además, se plantea un tipo de pavimento respetuoso con el medio ambiente para adaptarse también a la Estrategia Europa 2020. A medida que circulan los vehículos a motor por la vía es lógico que se vayan depositando restos de neumáticos, vertidos de aceite, gasolina etc. sobre el asfalto, además, como estas carreteras se encuentran cerca de cultivos cítricos puede depositarse algún que otro pesticida sobre el pavimento.

Por tanto, recalcar que es fundamental un adecuado sistema de drenaje que se consigue con un asfalto muy poroso, así, cuando llueva, todos estos contaminantes se irán filtrando, además de evitar el denominado *aquaplaning*.

Finalmente, subrayar que este tipo de pavimentos son muy ecológicos, económicos y muy duraderos.

▪ **Transporte público, coches eléctricos, zonas verdes y peatonalizaciones:**

El servicio de autobuses que conecta el pueblo urbano con la playa deja mucho que desear en temas de horarios, recorridos y el coste del billete. Por tanto, la solución que se propone es la de gestionar adecuadamente este servicio público para que aumente la demanda y poder disponer de autobuses cada veinte minutos. Con la mejora de este servicio es posible reducir el caudal de vehículos a motor que efectúan el trayecto del pueblo a la mar.

Además, junto a esta medida, es esencial fomentar el uso de la bicicleta como el medio de transporte principal para ir a la playa, para ello se necesita que se mejore el trazado del carril bici ya que conforme está, a día de hoy, es un peligro para los ciclistas circular a escasos centímetros de la carretera Paseo de Oliva al Mar (zona con gran densidad de tráfico y velocidad variable).

Otra solución de futuro es la utilización de coches eléctricos para disminuir tanto los niveles de contaminación acústica como los niveles de polución. Actualmente, se han presenciado vehículos híbridos en la playa de Oliva, esto supone un menor ruido de motor y una menor contaminación ambiental con respecto a los vehículos tradicionales.

Es sabido que tanto la contaminación acústica como la contaminación ambiental están reduciendo el número de pájaros en la playa, por tanto, mediante la creación de nuevas zonas verdes (jardines y parques) se conseguirá mejorar la calidad de vida de las personas y los animales.

Finalmente, se propone la peatonalización de determinadas calles de la zona Pau-Pi en la playa de Oliva para poder aliviar los niveles generales de contaminación acústica. Esta medida implicaría una nueva reorganización del tráfico rodado y una nueva sincronización de los semáforos de la playa.

▪ **Traslado de la EDAR:**

Otra de las soluciones que se está llevando a cabo para disminuir la contaminación acústica y la contaminación ambiental (malos olores) a la que están sometidos los vecinos de Vía de Ronda es la del traslado de la depuradora a unos terrenos cedidos por el Ayuntamiento de Oliva en el Camí Vell de Dénia.

▪ **Pantallas acústicas:**

Dado el hecho que la playa de Oliva no hay una buena planificación urbanística, los efectos perjudiciales producidos por el tráfico rodado se pueden subsanar mediante tres métodos:

- 1) Actuar sobre la fuente de ruido en el origen.
- 2) Dificultar la transmisión del ruido originado hacia el receptor (p. ej. Pantalla acústica).
- 3) Un control en el receptor (p. ej. Insonorización de los edificios).

Por tanto, esta propuesta se centra en el segundo método. La pantalla acústica atenúa la onda sonora al interponerse en su trayectoria. La atenuación proporcionada por la pantalla dependerá de las dimensiones y material de la pantalla, del espectro sonoro, de la situación relativa entre emisor-receptor y la topografía del terreno.

Se propone el uso de estas pantallas en las vías más conflictivas en cuanto al ruido procedente del tráfico vehicular. Esta medida afectaría muy positivamente a las casas situadas junto a la carretera, ya que verían reducido el nivel de ruido al cual están expuestos a día de hoy. Los únicos puntos negativos que se pueden presenciar son el alto coste y el impacto visual.

El caso más crítico se encuentra en la carretera Paseo de Oliva al Mar que conecta el pueblo con la playa donde se obtuvo un nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A (LAeq) de 73,2 dB(A) durante la campaña de verano (medición diurna). Esta vía dispone de dos arcenes de 1 metro y dos carriles de 3,5 metros.

De acuerdo con la **Ley 7/2002, de 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana, de Protección contra la Contaminación Acústica**, establece un LAeq de 55 dB(A) para zona residencial en periodo diurno, por tanto, el nivel obtenido supera en 18,2 dB los límites legales establecidos.

Por tanto, se necesita una barrera acústica que atenúe, como mínimo, 18,2 dB. Sabiendo la altura del emisor, la altura del receptor y la distancia entre ambos, se procederá a calcular matemáticamente la altura de la barrera acústica que se necesita para cumplir con la normativa vigente de la Generalitat Valenciana. Finalmente, se simulará el modelo para poder observar el efecto de la barrera acústica.

- **Cálculos matemáticos para obtener la altura de la barrera acústica:**

El diseño se ha realizado con pantallas delgadas. La intención es atenuar 18,2 dB del ruido que llega a las casas situadas en los alrededores de la carretera a la frecuencia crítica de 1 kHz (ver diseño de la **Fig. 10** y de la **Fig. 11**).

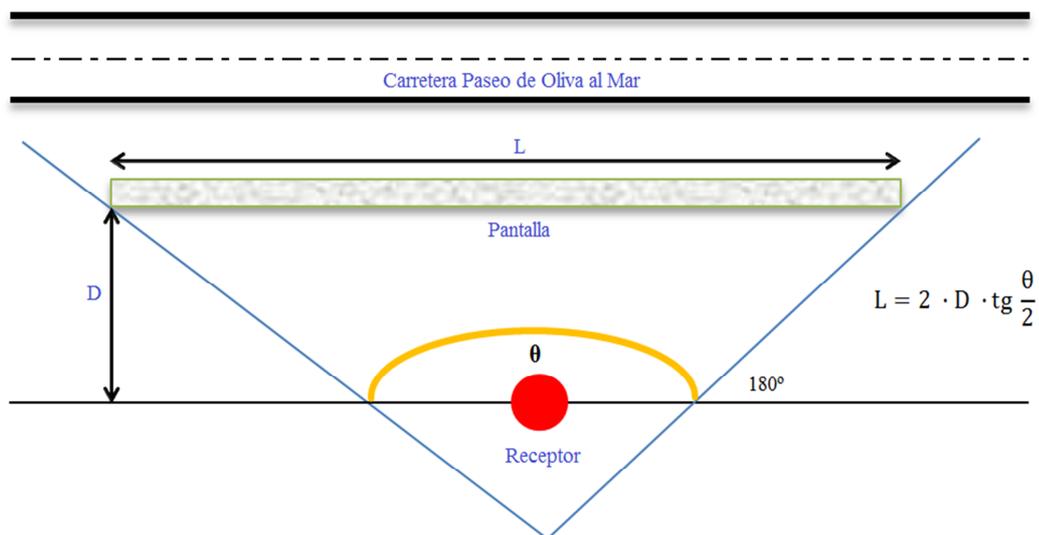


Figura 10. Vista en planta de emisor, pantalla y receptor. **Fuente:** Elaboración propia.

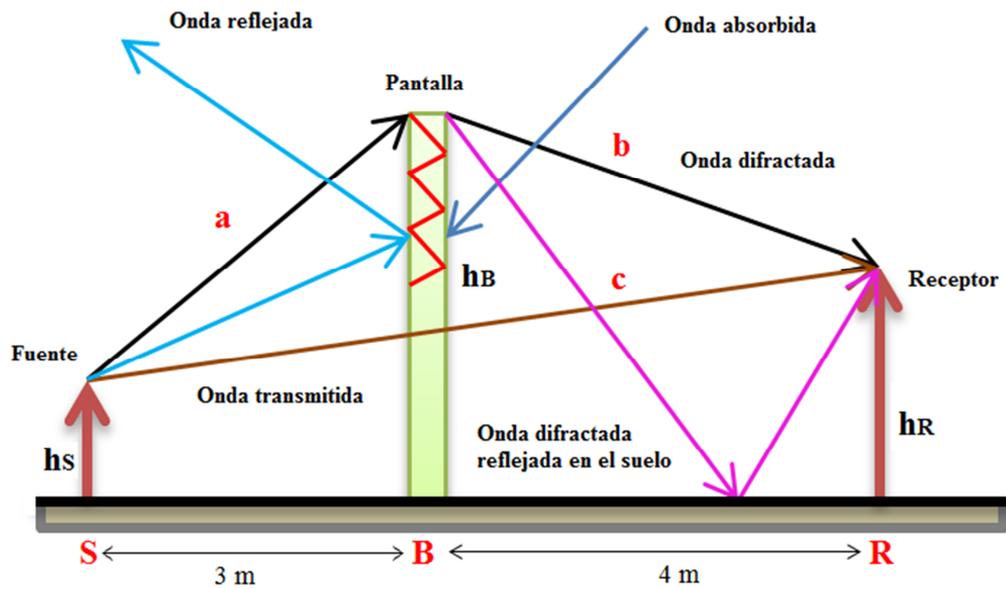


Figura 11. Tipos de ondas obtenidas al colocar una pantalla acústica entre emisor y receptor. **Fuente:** Elaboración propia.

Para el cálculo del número de Fresnel N , se hará uso de la expresión matemática facilitada por el libro de Harris para barrera delgada [20] [21].

$$A_{barrera} = 10 \cdot \log[3 + 10 \cdot N \cdot K] \quad \text{ec. 1}$$

Por tanto, si se aísla la incógnita de Fresnel N , la fórmula queda de la siguiente forma:

$$N = \frac{10^{\frac{A_{barrera}}{10}} - 3}{10 \cdot K} \quad \text{ec. 2}$$

El valor K se obtiene a partir de la fórmula que sigue:

$$K = e^{-0.0005 \left(\sqrt{\frac{a \cdot b \cdot c}{N \cdot \lambda}} \right)} \quad \text{ec. 3}$$

Como se tiene una distancia inferior a 100 metros se toma $K = 1$. Sustituyendo los valores en la ecuación 2 se tiene:

$$N = \frac{10^{\frac{A_{barrera}}{10}} - 3}{10 \cdot K} = \frac{10^{\frac{18,2}{10}} - 3}{10 \cdot 1} \approx 6,3$$

Una vez obtenido el número de Fresnel N , se calculará la diferencia de caminos para la frecuencia de 1 kHz mediante el uso de la expresión matemática siguiente:

$$N = \frac{2}{\lambda} \cdot (a + b - c) \quad \text{ec. 4}$$

A partir de la ecuación 4, para calcular la diferencia de caminos, se obtiene la siguiente fórmula:

$$\delta = a + b - c = \frac{N \cdot \lambda}{2} \quad \text{ec. 5}$$

De la ecuación 5, la lambda se puede expresar en función de la velocidad del sonido en el aire y la frecuencia, por tanto, sustituyendo todos los valores se obtiene la diferencia de caminos que sigue:

$$\delta = a + b - c = \frac{6,3 \cdot 345}{2 \cdot 1000} \approx 1,087 \text{ m}$$

La altura de la pantalla se determina mediante la siguiente ecuación de segundo grado:

$$A \cdot Hb^2 + B \cdot Hb + C = \delta \quad \text{ec. 6}$$

Los coeficientes A, B y C se obtendrán mediante las siguientes fórmulas:

$$A = \frac{SB+BR}{2 \cdot SB \cdot BR} \quad \text{ec. 7}$$

$$B = - \left[\frac{Hs}{SB} + \frac{Hr}{BR} \right] \quad \text{ec. 8}$$

$$C = \frac{1}{2} \cdot \left[\frac{Hs^2}{SB} + \frac{Hr^2}{BR} - \frac{(Hs-Hr)^2}{SB+BR} \right] \quad \text{ec. 9}$$

Donde SB es la distancia de la fuente a la pantalla (SB = 3 m), BR es la distancia de la pantalla al receptor (BR = 4 m). Finalmente, Hs = 1,5 m y Hr = 4 m, que son las alturas de la fuente y del receptor respectivamente.

Sustituyendo en las ecuaciones 7, 8 y 9 se obtiene:

$$A = \frac{3+4}{2 \cdot 3 \cdot 4} = 0,29; \quad B = - \left[\frac{1,5}{3} + \frac{4}{4} \right] = -1,50; \quad C = \frac{1}{2} \cdot \left[\frac{1,5^2}{3} + \frac{4^2}{4} - \frac{(1,5-4)^2}{3+4} \right] = 1,93$$

Por tanto, la ecuación 6 queda de la siguiente forma:

$$0,29 \cdot Hb^2 - 1,5 \cdot Hb + 0,84 = 0$$

Si se despeja la incógnita Hb, la expresión queda tal que así:

$$Hb = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4 \cdot A \cdot (C - \delta)}}{2 \cdot A} \quad \text{ec. 10}$$

Para obtener la altura de la barrera buscada se sustituirán los valores en la ecuación 10.

$$Hb = \frac{1,50 \pm \sqrt{(-1,50)^2 - 4 \cdot 0,29 \cdot (0,84)}}{2 \cdot 0,29} \approx 4,5 \text{ m}$$

Tiene como soluciones Hb = 0,6 y Hb = 4,5 m, por tanto, se escogerá la solución mayor ya que la otra no apantalla la fuente debido a que la fuente y el receptor están más elevados.

Por tanto, se necesita una altura de pantalla de 4,5 metros para conseguir la atenuación deseada.

Si se calculan todas las atenuaciones de la barrera para todas las frecuencias con la altura de la barrera de 4,5 m, resulta:

f (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
A (dB)	10,4	12,7	15,4	18,2	21,1	24,1

Tabla 15. Muestra las atenuaciones introducidas por la barrera para cada frecuencia. **Fuente:** Elaboración propia.

Una de las medidas implementadas en la carretera Paseo de Oliva al Mar fue la reducción de la velocidad máxima permitida, pasando de 80 km/h a 50 km/h, como ya se ha comentado, esta medida no es del todo eficaz por sí sola, aunque si puede serlo si se complementa con la inclusión de pantallas de metacrilato recubiertas por muros vegetales (con el objetivo de minimizar el impacto visual) [20].

Delante de estas pantallas se colocará una barrera prefabricada de hormigón recubierta con materiales muy resistentes y absorbentes de golpes como es la fibra de carbono. Por tanto, se asegura la protección tanto para el conductor del vehículo a motor como para las pantallas acústicas.

Una vez se han detallado las medidas correctoras del presente trabajo se procederá a obtener un estado post-operacional mediante la aplicación de dichas medidas al estado pre-operacional calibrado.

7. ESTADO POST-OPERACIONAL TRAS LA APLICACIÓN DE MEDIDAS CORRECTORAS

A partir del modelo calibrado en el estado pre-operacional se procederá a realizar las simulaciones en los receptores con las medidas correctoras ya aplicadas.

De las medidas correctoras expuestas en el apartado anterior se han podido analizar las siguientes:

- Desviación del caudal de vehículos a motor por la parte norte de la playa de Oliva.
- Colocación de una pantalla acústica en la carretera Paseo de Oliva al Mar.
- Sustitución del asfalto tradicional por un asfalto fonoabsorbente.

En la mayor parte de las medidas correctoras se ha considerado oportuno estudiar el caso más desfavorable que corresponde con el periodo estival, por tanto, para evaluar la eficiencia de las medidas correctoras es muy conveniente ver los resultados del **Anexo 3-“Mapas Sonoros mediante el software de simulación Predictor”** que incluyen todos los mapas simulados del estado post-operacional.

Mediante la desviación del caudal de vehículos a motor por la Avinguda dels LLauradors se consigue una reducción del nivel equivalente de 7,6 dB en la carretera Paseo de Oliva al Mar, por otra parte se obtiene un ligero aumento del nivel equivalente por la parte norte de la playa. Respecto a la colocación de la pantalla acústica en la carretera Paseo de Oliva al Mar se obtiene una reducción de 18,2 dB para las casas con una altura inferior a 4,5 metros, por tanto para que sea una medida realmente eficaz se debe de combinar con otras técnicas como la sustitución del asfalto actual por un asfalto fonoabsorbente capaz de reducir el ruido en 10 dB. Por tanto, la introducción de este tipo de asfalto en toda la playa disminuirá el ruido de tráfico rodado a más de la octava parte.

Después de haber visto los efectos de las medidas correctoras se procede a obtener un modelo acústico de una motocicleta.

8. MODELADO ACÚSTICO DE UNA MOTOCICLETA

8.1. INTRODUCCIÓN

La motocicleta es uno de los vehículos ligeros más usados a día de hoy en la playa de Oliva. Si se hace una comparación previa con el coche se puede llegar a pensar que las motos, al tener sólo dos ruedas y motores con menor cilindrada que los coches, son menos contaminantes acústica y ambientalmente, pero esto no es así. Es cierto que las motos, al tener motores más pequeños y ligeros que los coches, gastan menos combustible para moverse.

Por tanto, se llega a la conclusión que la moto contamina más acústica y ambientalmente. Es conocido que una moto acelerando produce un ruido de 90 dB ocasionando graves problemas de salud física y cambios de comportamiento en las personas ya que el oído humano empieza a dañarse con niveles superiores a los 65 dB.

Por tanto, el objetivo principal es poder disminuir los efectos perjudiciales producidos tanto por el ruido como por las vibraciones. Con el presente estudio se va a evaluar el comportamiento acústico de una moto y se obtendrá un modelo acústico característico del comportamiento de dicha moto.

8.2. DESCRIPCIÓN DE LA MOTOCICLETA

La motocicleta que se va a poner bajo estudio es la Yamaha FZ6 N. Dispone de un motor de 4 tiempos, 4 cilindros en línea, DOHC, 16 válvulas y 600 cc. Alcanza una potencia de 98 CV (72 kW) a 12.000 rpm. La moto tiene un peso máximo de 212 Kg y una longitud de 2,12 metros. Puede alcanzar una velocidad de 260 km/h, pero esta velocidad punta depende mucho del viento.

8.3. DETALLES DE LAS MEDICIONES IN SITU

El objeto que se persigue con estas mediciones es obtener la firma acústica de una moto. Por tanto, se van a realizar un total de 8 medidas *in situ*, cada una de ellas a una distancia distinta con respecto a la motocicleta. Sólo se va a evaluar el estado de velocidad constante.

Acto seguido, se presenta una tabla detallada donde se muestra las características asociadas a cada una de las posiciones de micrófono escogidas.

Estado	Medida a ensayo	Nº de medida	Lugar	Distancia (m)	Velocidad (km/h)										
V cte.	LpAeq	1	Ver Fig. 12	8	20										
V cte.	LpAeq	2	Ver Fig. 12	9	30										
V cte.	LpAeq	3	Ver Fig. 12	10	40										
V cte.	LpAeq	4	Ver Fig. 12	11	50										
V cte.	LpAeq	5	Ver Fig. 12	12	60										
V cte.	LpAeq	6	Ver Fig. 12 </tr <tr> <td>V cte.</td> <td>LpAeq</td> <td>7</td> <td>Ver Fig. 12</td> <td>14</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>V cte.</td> <td>LpAeq</td> <td>8</td> <td>Ver Fig. 12</td> <td>15</td> <td>90</td> </tr>	V cte.	LpAeq	7	Ver Fig. 12	14	80	V cte.	LpAeq	8	Ver Fig. 12	15	90
V cte.	LpAeq	7	Ver Fig. 12	14	80										
V cte.	LpAeq	8	Ver Fig. 12	15	90										

Tabla 16. Características asociadas con las mediciones *in situ*. **Fuente:** Elaboración propia.

En la figura que sigue se muestra el tramo de velocidad constante y las diferentes posiciones de micrófono para llevar a cabo la caracterización de la motocicleta.

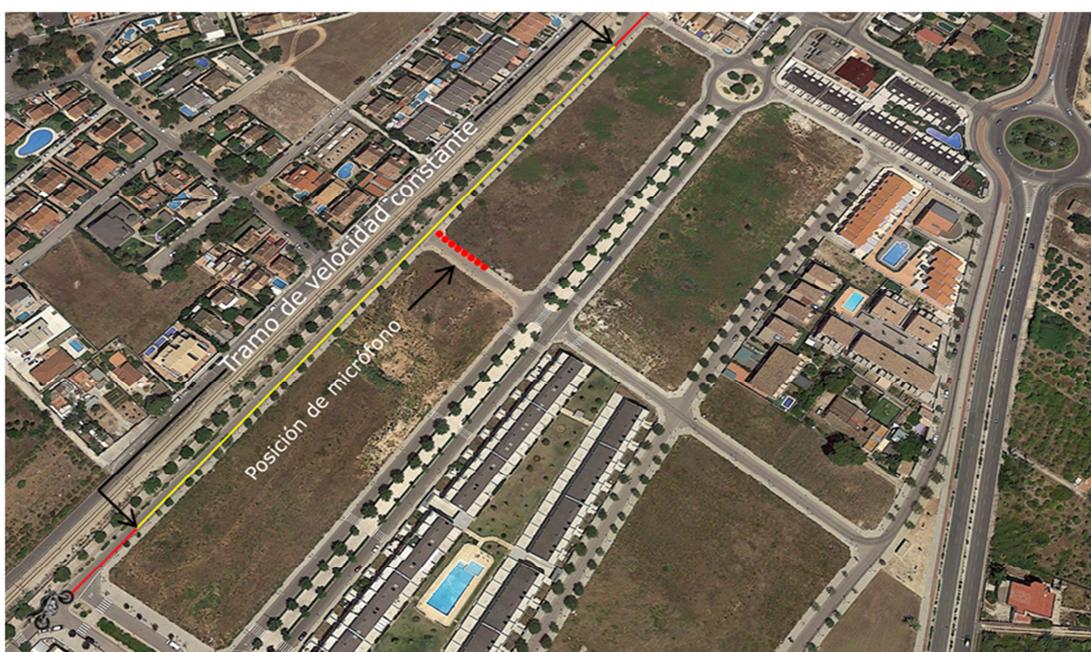


Figura 12. Posiciones de micrófono. La motocicleta circula a velocidad constante. **Fuente:** Elaboración propia.

8.4. ANÁLISIS DE LAS MEDIDAS EXPERIMENTALES

Acto seguido, se presentan las firmas acústicas, que son una representación de los niveles en función del tiempo, obtenidas en las distintas posiciones de micrófono en el estado de velocidad constante.

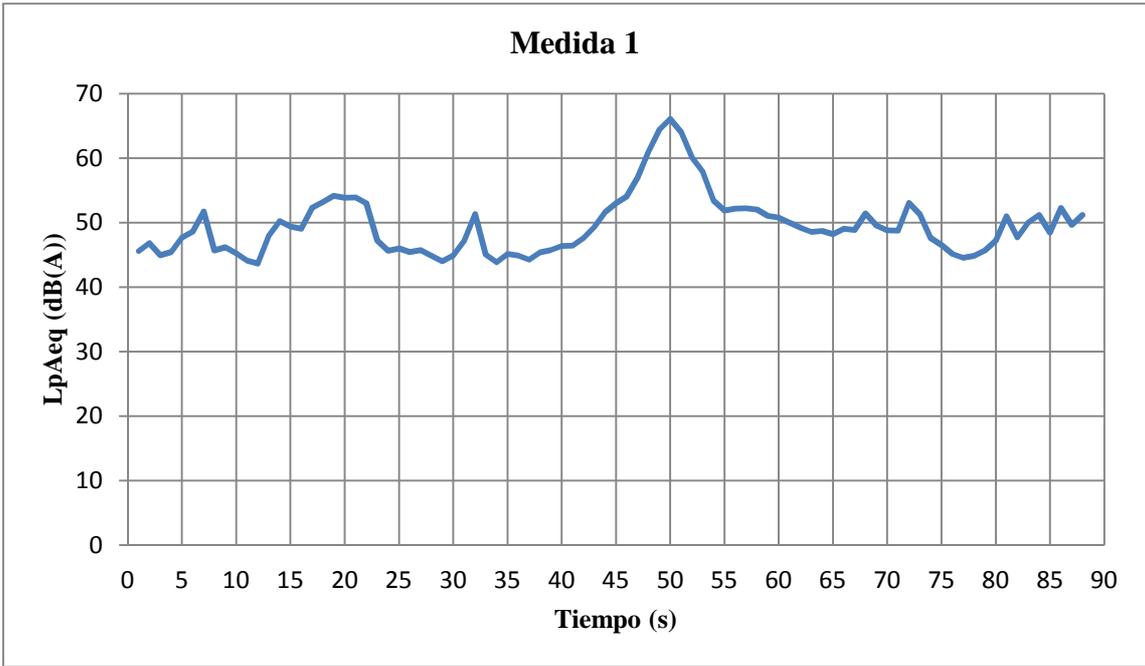


Figura 13. Firma acústica de la motocicleta a velocidad constante de 20 km/h. **Fuente:** Elaboración propia.

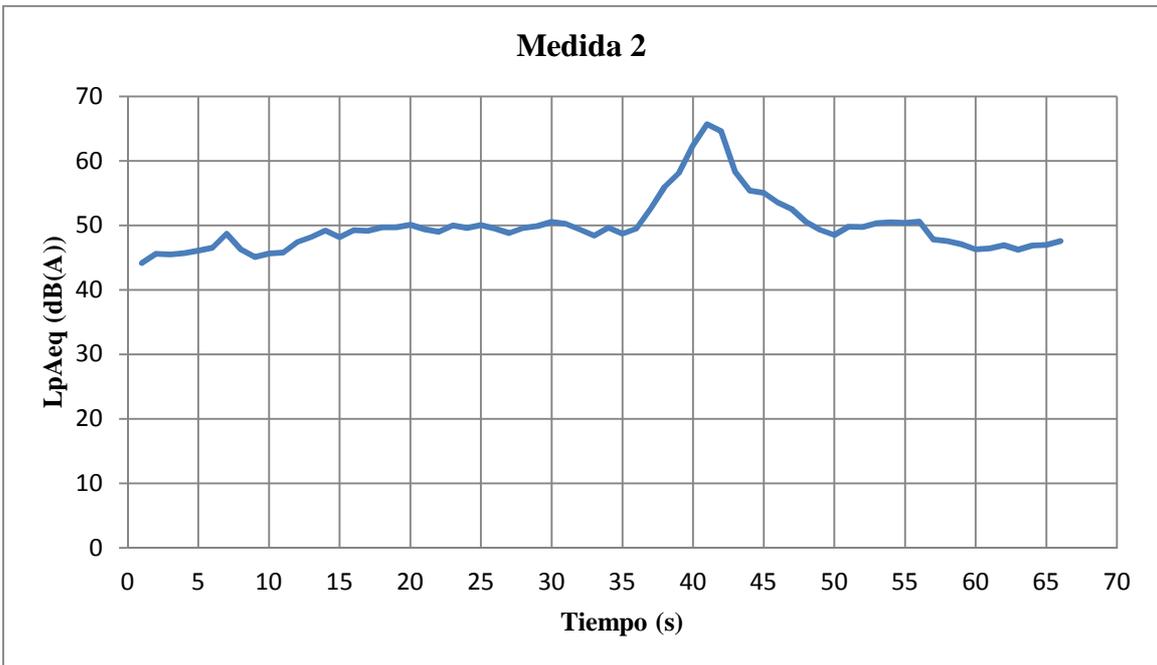


Figura 14. Firma acústica de la motocicleta a velocidad constante de 30 km/h. **Fuente:** Elaboración propia.

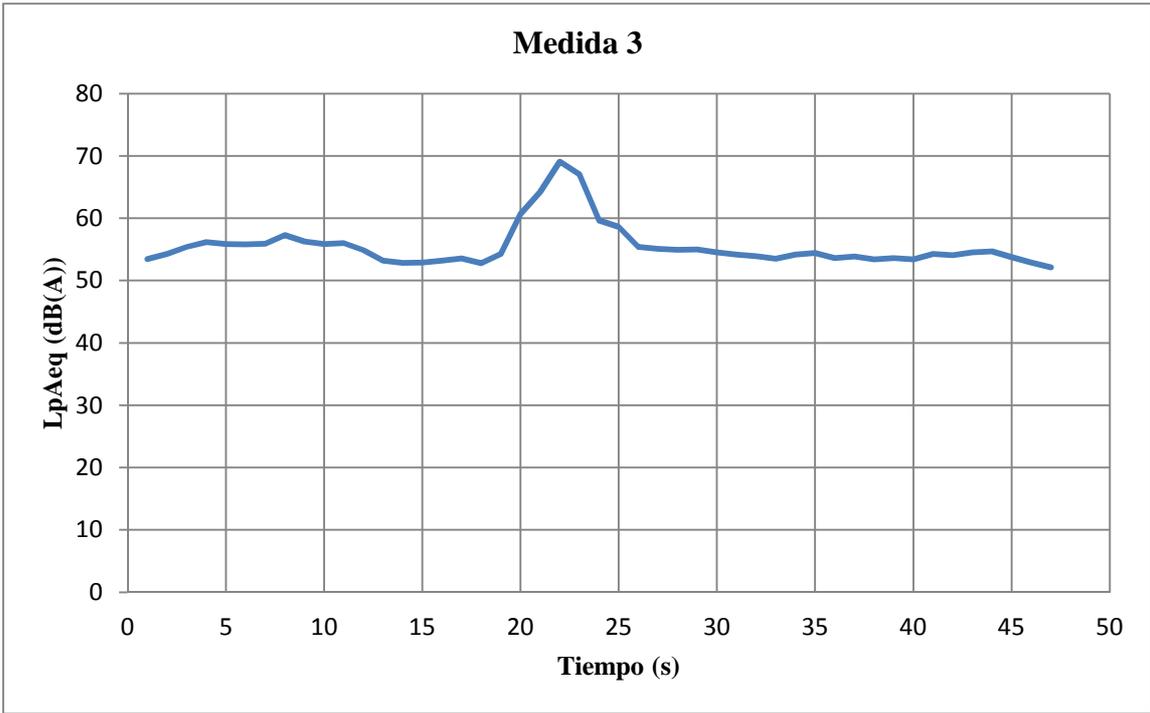


Figura 15. Firma acústica de la motocicleta a velocidad constante de 40 km/h. **Fuente:** Elaboración propia.

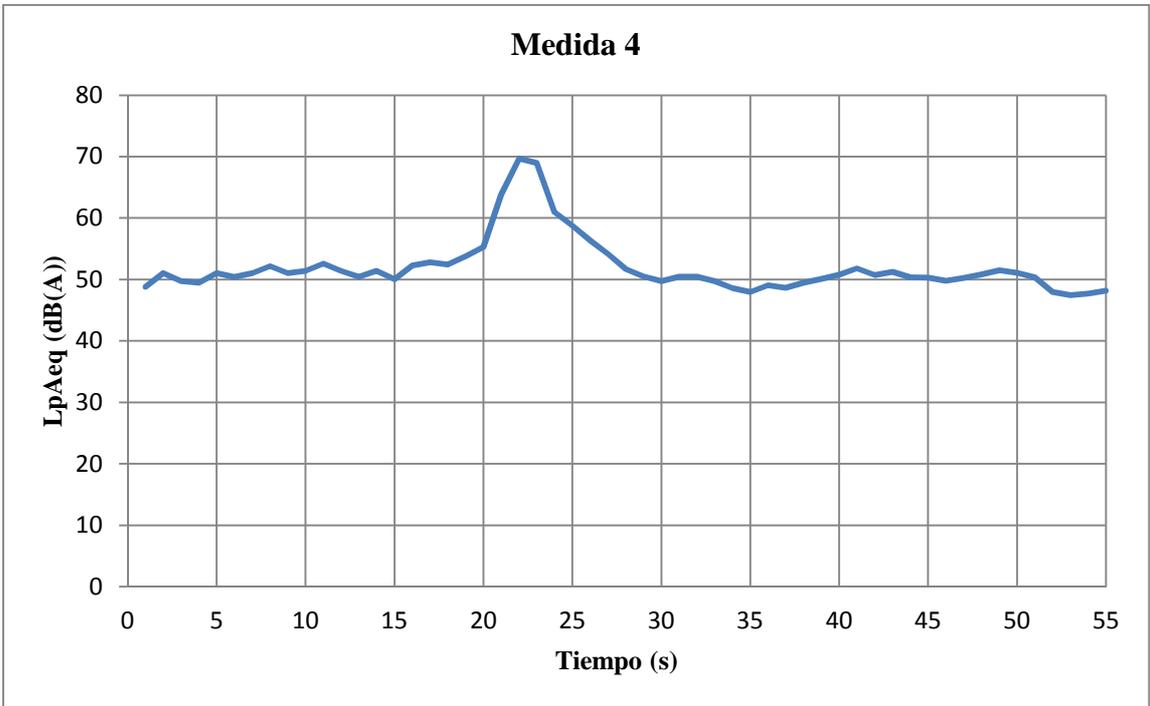


Figura 16. Firma acústica de la motocicleta a velocidad constante de 50 km/h. **Fuente:** Elaboración propia.

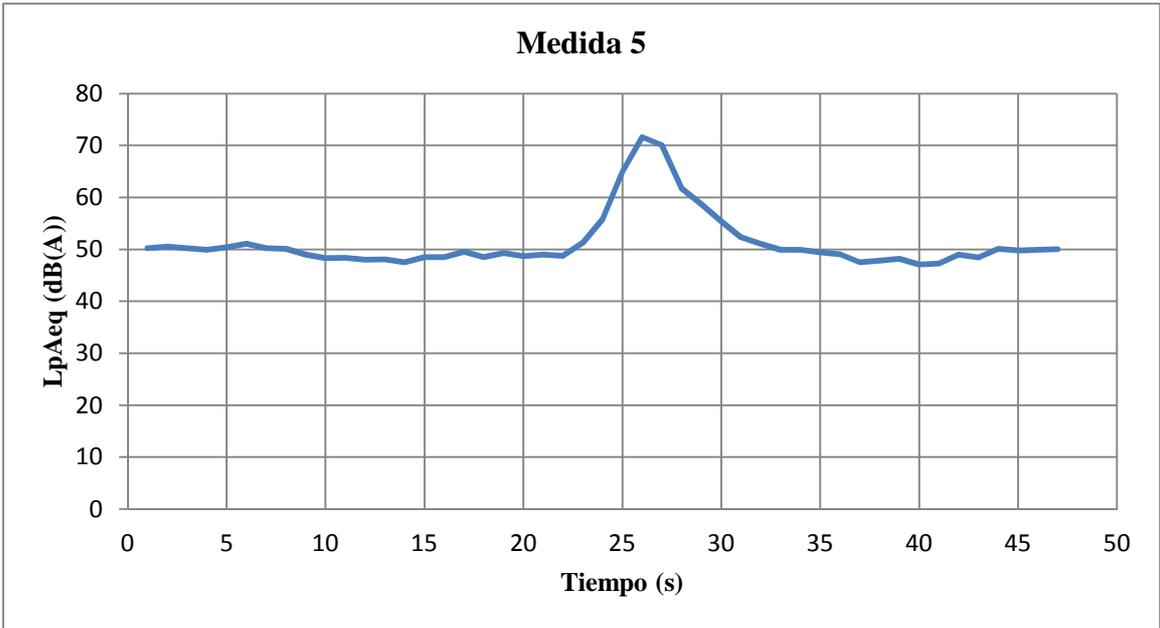


Figura 17. Firma acústica de la motocicleta a velocidad constante de 60 km/h. **Fuente:** Elaboración propia.

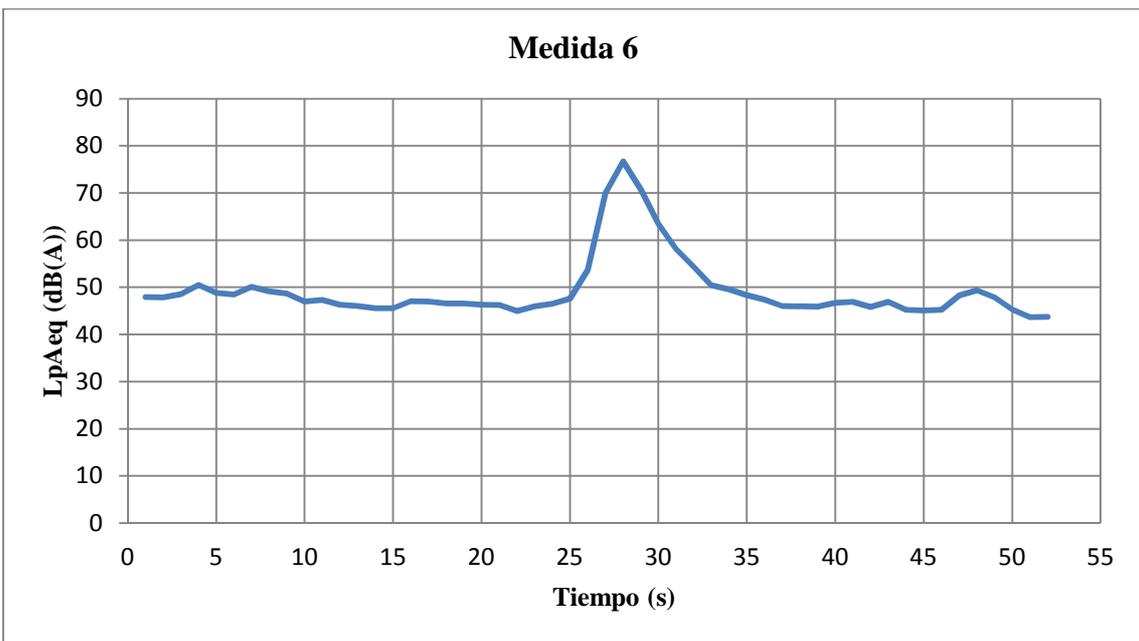


Figura 18. Firma acústica de la motocicleta a velocidad constante de 70 km/h. **Fuente:** Elaboración propia.

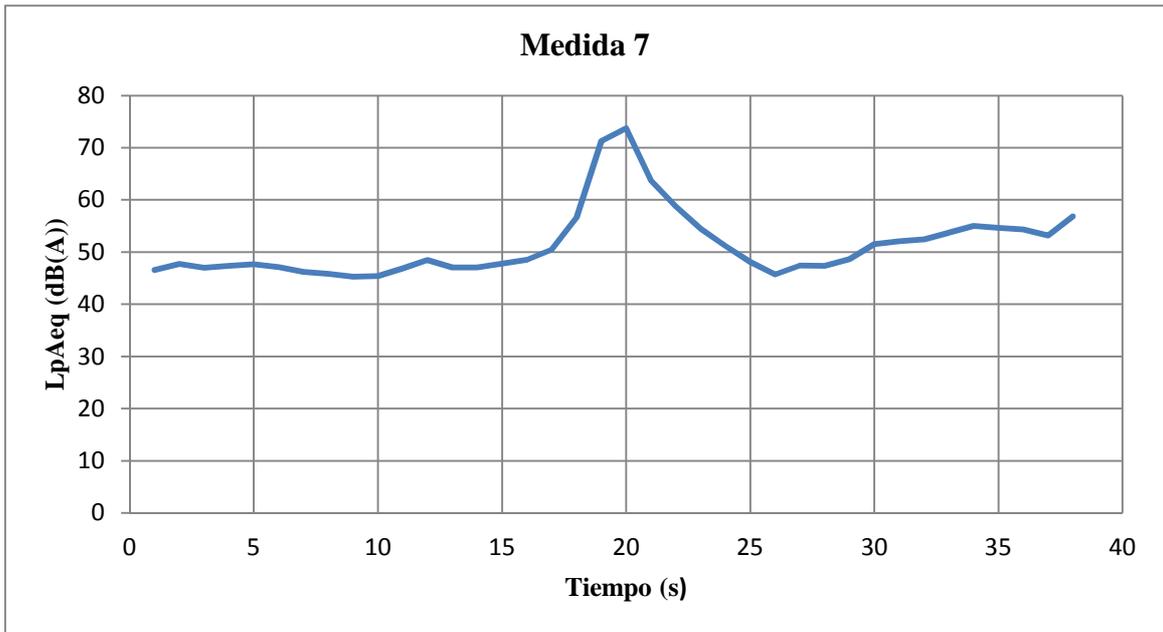


Figura 19. Firma acústica de la motocicleta a velocidad constante de 80 km/h. Fuente: Elaboración propia.

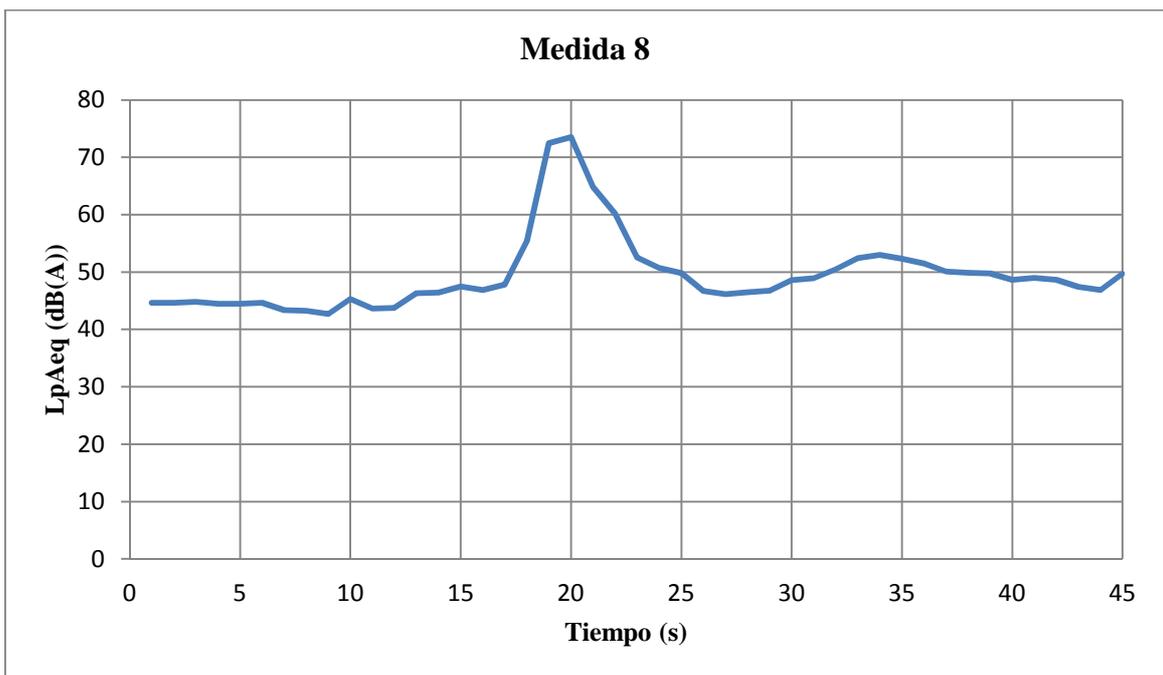


Figura 20. Firma acústica de la motocicleta a velocidad constante de 90 km/h. Fuente: Elaboración propia.

Las mediciones se han hecho con una temperatura ambiente de 24,5°C, una humedad relativa de 38,2% y una velocidad del viento de 2,5 m/s.

A continuación, se muestra una tabla con los niveles máximos (picos) de LAeq en función de la distancia y de la velocidad.

Punto de Medida	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	Lmax (dB(A))
Medida 1	8	20	66,1
Medida 2	9	30	66,4

Medida 3	10	40	69,1
Medida 4	11	50	69,7
Medida 5	12	60	70,1
Medida 6	13	70	76,7
Medida 7	14	80	73,7
Medida 8	15	90	73,5

Tabla 17. Nivel equivalente asociado con la distancia y la velocidad. **Fuente:** Elaboración propia.

Como bien se puede atisbar en la **Tabla 17**, no siempre al aumentar la velocidad y la distancia aumenta el nivel equivalente. El máximo más alto se encuentra en la medida 6 con un LAeq de 76,7 dB(A). Una vez que la moto ha pasado por delante del sonómetro el nivel equivalente decae más de 20 dB(A) hasta alcanzar el ruido de fondo. Por tanto, al aumentar la distancia y la velocidad, el nivel equivalente tiende a aumentar hasta la medida 6, a partir de este momento, si se aumenta la distancia junto con la velocidad, el nivel equivalente empieza a decrecer.

Las mediciones tuvieron lugar en una zona aislada con bajo ruido de fondo. Con esto se consigue no alterar las medidas ya que no se está registrando otras fuentes de ruido diferentes a la de la moto.

Tal y como se puede apreciar en las **Fig. 13 a 20**, las firmas acústicas que se han obtenido a partir del ruido generado por la motocicleta a velocidad constante siguen un mismo patrón, es decir, se puede observar una pendiente ascendente y una pendiente descendente.

De los datos registrados se obtendrá el LpAeq,T que es el nivel de presión sonora continuo equivalente, ponderado A, expresado en el tiempo de medición, T. Este tiempo comienza cuando el nivel de presión sonora, ponderado A, se encuentra 10 dB por debajo de lo medido, es decir, cuando la parte delantera de la moto se encuentra enfrente de la posición del micrófono y termina cuando el nivel de presión sonora, ponderado A, cae 10 dB respecto a lo medido, es decir, cuando la parte trasera de la moto se encuentra enfrente de la posición del micrófono. El tiempo Tp es el tiempo de paso del vehículo a motor objeto de estudio [22]. Finalmente, el TEL corresponde al nivel de exposición sonora al tránsito, depende de los otros tres parámetros comentados y viene dado por la siguiente expresión matemática:

$$TEL = LpAeq, T + 10 \cdot \log\left(\frac{T}{T_p}\right) \quad \text{ec.11}$$

Una vez realizada la introducción teórica, se presenta la tabla que sigue:

Ensayos realizados a velocidad constante								
Nº de medida	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Medida 4	Medida 5	Medida 6	Medida 7	Medida 8
LpAeq,T	53,8	52,9	53,6	58,1	57,1	58,6	61,6	60,7
T(s)	6,0	6,0	5,0	5,0	4,0	4,0	3,0	3,0
Tp(s)	0,36	0,24	0,18	0,14	0,12	0,10	0,09	0,08
TEL(dB(A))	66,0	66,9	68,0	73,6	73,3	74,6	76,8	76,4

Tabla 18. Niveles de exposición sonora al tránsito para velocidad constante. **Fuente:** Elaboración propia.

8.5. ESTADO DE VELOCIDAD CONSTANTE

En este apartado se procederá a obtener los valores de K_e , K_v y L_o . Para ello, se partirá de la expresión matemática que sigue:

$$L_{max} = L_o - K_e \cdot \log\left(\frac{d}{d_o}\right) + K_v \cdot 10 \cdot \log\left(\frac{V}{V_o}\right) - K_d \quad \text{ec. 12}$$

Acto seguido, se detallan cada uno de los parámetros:

- $L_o \rightarrow$ Nivel de referencia a una cierta distancia.
- $K_e \rightarrow$ Coeficiente que multiplica la función distancia.
- $K_v \rightarrow$ Coeficiente que multiplica la función velocidad.
- $K_d \rightarrow$ Coeficiente para corregir la directividad vertical.
- $d \rightarrow$ Distancia entre el receptor y la motocicleta, en metros.
- $d_o \rightarrow$ Distancia a la cual la motocicleta emite un nivel L_o a una velocidad V_o .
- $V \rightarrow$ Velocidad de la motocicleta en km/h.
- $V_o \rightarrow$ Velocidad a la cual la motocicleta emite un nivel L_o a una distancia d_o .

Se tomará como referencia una velocidad $V_o = 55$ km/h y una distancia $d_o = 11,5$ m ya que corresponden con la velocidad y la distancia media a la fuente. K_d se tomará como 0, es decir, no habrá atenuación por directividad a la altura en la cual se realizaron las medidas.

▪ Cálculo del parámetro K_v :

Para el cálculo de K_v , se considerará que todas las medidas se han realizado a una distancia concreta de 11,5 m y se tomarán las velocidades reales registradas *in situ*. Para ello, se hará uso de la fórmula que sigue:

$$L_{max} = L_o + K_v \cdot 10 \cdot \log\left(\frac{V}{V_o}\right) \quad \text{ec. 13}$$

Acto seguido, se presenta una tabla con los valores necesarios para obtener la recta regresión lineal por medio de Excel:

Velocidad (km/h)	LMax (dB(A))	Log(V/V _o)	d _o (m)
20	66,1	-0,44	11,5
30	66,4	-0,26	11,5
40	69,1	-0,14	11,5
50	69,7	-0,04	11,5
60	70,1	0,04	11,5
70	76,7	0,10	11,5

80	73,7	0,16	11,5
90	73,5	0,21	11,5

Tabla 19. Método para obtener el parámetro Kv. **Fuente:** Elaboración propia.

A continuación, se muestra la recta de regresión lineal obtenida con Excel:

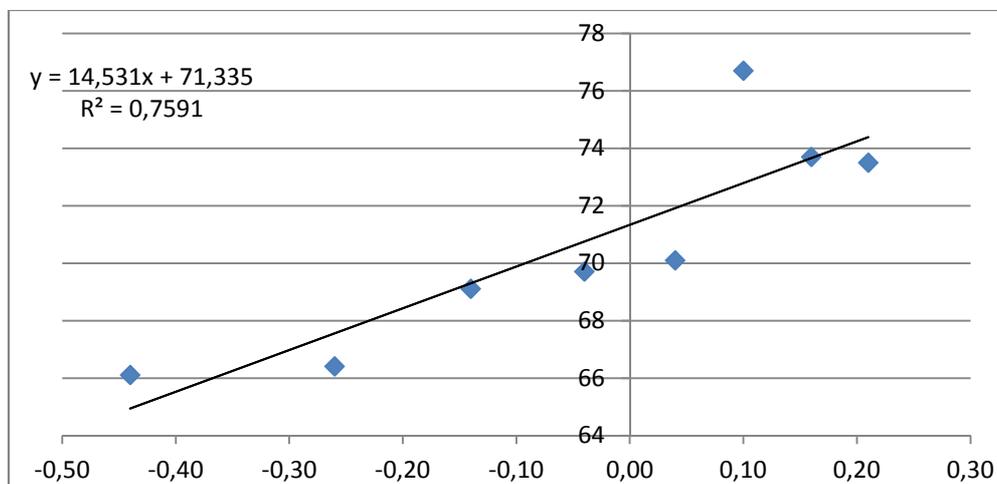


Figura 21. Recta de regresión lineal para el cálculo de L_o y Kv. **Fuente:** Elaboración propia.

La **Fig. 21** muestra la relación entre los niveles máximos y las relaciones de velocidades por medio del logaritmo.

▪ **Cálculo del parámetro Ke:**

El procedimiento para obtener Ke va a ser el inverso al realizado para obtener Kv, por tanto se considerará una velocidad de referencia de 55 km/h y las distancias reales a las cual se registraron los niveles sonoros. Por tanto, se partirá de la siguiente ecuación:

$$L_{max} = L_o - K_e \cdot \log\left(\frac{d}{d_o}\right) \quad \text{ec. 14}$$

Acto seguido, se presenta una tabla con los valores necesarios para obtener la recta regresión lineal por medio de Excel:

V_o (km/h)	LMax (dB(A))	Log(d/d _o)	distancia (m)
55	66,1	-0,16	8
55	66,4	-0,11	9
55	69,1	-0,06	10
55	69,7	-0,02	11
55	70,1	0,02	12
55	76,7	0,05	13
55	73,7	0,09	14
55	73,5	0,12	15

Tabla 20. Método para obtener el parámetro Ke. **Fuente:** Elaboración propia.

A continuación, se muestra la recta de regresión lineal obtenida con Excel:

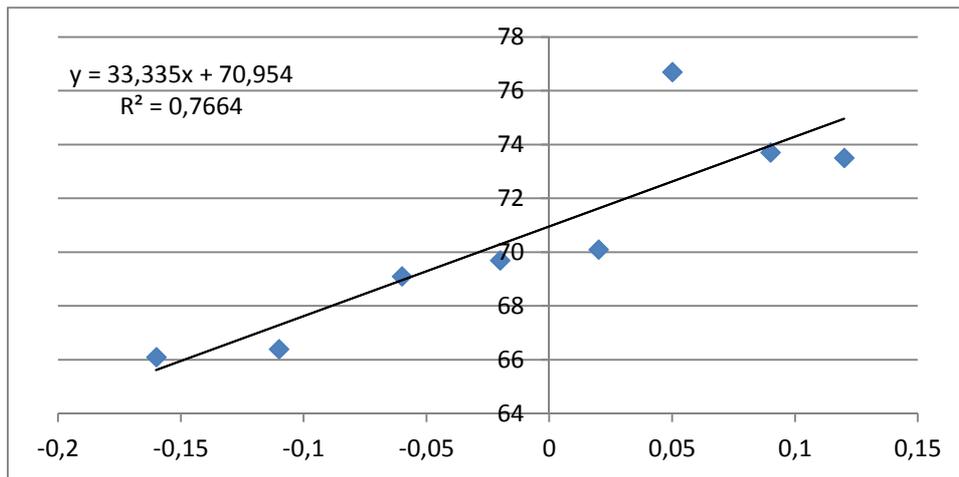


Figura 22. Recta de regresión lineal para el cálculo de L_o y K_e . Fuente: Elaboración propia.

La Fig. 22 muestra la relación entre los niveles máximos y las relaciones de distancias por medio del logaritmo.

Los valores hallados de correlación en ambos casos son positivos. Por tanto, es una correlación directa. El valor de regresión para el cálculo de K_v y L_o es $R^2 = 0,76$ y para K_e y L_o $R^2 = 0,77$.

▪ **Resultados obtenidos para K_v y K_e .**

Se muestran, en las siguientes tablas, los resultados obtenidos de K_v , K_e y L_o a partir de los métodos expuestos anteriormente.

V_o (km/h)	LMax (dB(A))	d_o (m)
20	66,1	11,5
30	66,4	11,5
40	69,1	11,5
50	69,7	11,5
60	70,1	11,5
70	76,7	11,5
80	73,7	11,5
90	73,5	11,5
K_v	14,5	$L_o = 73,0$ dB(A)

Tabla 21. Resultados K_v y L_o . Fuente: Elaboración propia.

V_o (km/h)	LMax (dB(A))	d_o (m)
55	66,1	8
55	66,4	9
55	69,1	10
55	69,7	11
55	70,1	12
55	76,7	13
55	73,7	14
55	73,5	15
K_e	33,3	$L_o = 75,2$ dB(A)

Tabla 22. Resultados K_e y L_o . Fuente: Elaboración propia.

Mediante el uso de la ec. 12 presentada en el presente trabajo y partiendo de las mediciones *in situ*, se ha obtenido un método matemático basado en una regresión lineal múltiple. Con ello se ha conseguido obtener el valor de los tres parámetros elementales para determinar el ruido originado por la motocicleta; L_o o nivel de referencia a una cierta distancia de la motocicleta, k_e o coeficiente de corrección por distancia y k_v o coeficiente de corrección por velocidad. El estudio se ha llevado a cabo para el estado de velocidad constante.

Es decir, se ha conseguido crear un modelo propio mediante la adaptación del método de cálculo holandés. Por tanto, como futuras líneas de investigación, se propone, realizar un mayor número de medidas para obtener una mayor fiabilidad del modelo y un estudio de la influencia real del tipo de motocicletas que circulan por la playa de Oliva.

9. CONCLUSIONES

Acto seguido, se exponen las conclusiones más importantes obtenidas una vez acabado el presente estudio.

En el presente estudio se ha podido analizar la situación acústica en la cual se encuentra la playa de Oliva tanto con mediciones *in situ* como con simulaciones con Predictor. Se puede afirmar que la principal fuente de ruido durante todo el año es el tráfico rodado, mientras que en la época estival, a parte, se tiene el ruido proveniente de los chiringuitos. Destacar que a lo largo del año existen otras fuentes de ruido menos predominantes como son el ruido originado por los vecinos, ruido de origen animal y el ruido originado por los locales nocturnos.

Uno de los problemas que existe en la actualidad es la difícil convivencia entre los chiringuitos y el descanso de los vecinos en la época estival. A día de hoy, éstos están siendo controlados por parte del Ayuntamiento de Oliva y se puede confirmar que el nivel sonoro de fondo originado por los chiringuitos es enmascarado por el ruido del mar.

Si se observan los datos registrados se puede decir que la playa de Oliva suspende por exceso de ruido. En la mayor parte de los puntos analizados en ambas campañas se puede ver que los niveles registrados son elevados incumpliendo con los objetivos de calidad acústica marcados por la Ley 7/2002, de 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana, de Protección contra la Contaminación Acústica para el tipo de área acústica residencial.

Los puntos negros, considerados como los principales focos de ruido, corresponden a las grandes vías como la del Paseo de Oliva al Mar y Vía de Ronda. Los vecinos que viven en los alrededores de estas carreteras están expuestos a niveles de ruido prácticamente inaceptables (rango de 65-75 dB(A)), superando, en todos los casos, los objetivos de calidad acústica en verano.

Durante el periodo nocturno se han obtenido datos en torno a 60-65 dB(A), con estos niveles, aparte de no poder conciliar el sueño, puede provocar enfermedades muy graves en las personas al tener que soportar estos niveles de ruido durante la noche.

Para poder paliar el exceso de ruido en la playa se ha propuesto implantar determinadas medidas correctoras realistas y efectivas. De las medidas correctoras que se han podido simular (interconexión de las playas de La Safor, renovación del pavimento y uso de pantallas acústicas) se consiguen resultados satisfactorios y, en muchos casos, se ha podido disminuir el nivel equivalente por debajo de los máximos exigidos por la Ley 7/2002 de 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana, de Protección contra la Contaminación Acústica. Por tanto, se puede afirmar que estas medidas afectarán positivamente a la salud y calidad de vida de las personas.

El Ayuntamiento es consciente de que Oliva tiene grandes problemas por exceso de ruido. Por tanto, se están aplicando determinadas medidas para poder disminuir, en un gran porcentaje, el ruido y adaptarse a la Estrategia Europa 2020.

Finalmente, a partir de las medidas reales, se ha propuesto un modelo empírico de ruido de motocicleta que puede permitir mejorar las predicciones del ruido producido por estos vehículos y mejorar el plan de acción.

REFERENCIAS

- [1] Organización Mundial de la Salud: Contaminación acústica y salud.
- [2] Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental.
- [3] Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido.
- [4] Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, desarrolla la Ley 37/2003, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.
- [5] 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 y gestión del ruido ambiental.
- [6] Ley 7/2002, de Protección contra la Contaminación Acústica.
- [7] Decreto GV 266/2004, de 3 de diciembre, Contaminación Acústica Instalaciones.
- [8] Decreto 104/2006, de 14 de julio, del Consell, de planificación y gestión en materia de contaminación acústica.
- [9] Ordenanza de Ruido y Vibraciones de Oliva.
- [10] UNE-EN ISO 1996-1:2005. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 1: Magnitudes básicas y métodos de evaluación.
- [11] UNE-EN ISO 1996-2:2009 Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 2: Determinación de los niveles de ruido ambiental.
- [12] Manual de usuario sonómetro Brüel-Kjaer 2250.
- [13] Apuntes de Contaminación Acústica (2015): Prof. Juan A. Martínez Mora.
- [14] Agenda 21 de Oliva: parte de contaminación acústica.
- [15] Información previa de las distintas playas de Oliva.
- [16] Manual de usuario del software Predictor V7.10.
- [17] Manual de buenas prácticas: “Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure”.
- [18] Información del anteproyecto sobre la interconexión de las playas de La Safor.
- [19] Información sobre suelos fonoabsorbentes.
- [20] Harris C. Manual de Medidas Acústicas y Control del Ruido. Ed. Mc Graw Hill. 1995
- [21] Información sobre pantallas acústicas de metacrilato.
- [22] Modelado acústico del tren de cercanías Valencia-Grao de Gandía.